

Anotace

V této bakalářské práci je vytvořen přehled konstrukčních řešení a uspořádání vodorovných ocasních ploch, řešení závěsů na stabilizátoru a způsoby ovládání výškového kormidla.

V úvodní části jsou stručně objasněny pojmy používané v dalším textu. V následující části jsou uvedeny možné konfigurace ocasních ploch. Z těchto konfigurací jsou vybrána řešení, která jsou podrobněji roztříděna. Každé z těchto řešení obsahuje stručný popis ovládání výškového kormidla, výhody a nevýhody tohoto řešení, přehled vybraných závěsů vodorovných ocasních ploch a jejich detailní popis.

Klíčová slova

ocasní plocha, závěs, kormidla, čep, stabilizátor, kýl, řízení

Annotation

In this bachelor's thesis is created a survey of constructive solutions and lay-out of horizontal tail unit, solutions of horizontal stabilizer attachment and ways to control the elevator.

In the introductory part the term which is used in this thesis are briefly explained. In the following part the possible configurations of the tail units are listed. From these configurations, some solutions are selected and they are closely classified. Any of these solutions provides a short description of the elevator control, the advantages and the disadvantages of this solution, an overview of selected horizontal stabilizer attachment and their detailed description.

Keywords

tail unit, horizontal stabilizer attachment, elevator, pin, horizontal stabilizer, vertical stabilizer, control

Bibliografická citace

DULA, Jan. *Ocasní plochy*. [s.l.], 2009. 55 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Urík.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Uríka a uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a elektronické zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....

Jan Dula
18.5.2009

Poděkování

Chtěl bych poděkovat za cenné rady a připomínky vedoucímu této práce Ing. Tomáši Uríkovi, dále panu prof. Ing. Antonínu Příštěkovi, CSc., který mě přivedl na myšlenku zpracovat téma mé práce a zprostředkoval mně kontakty ve firmě LET Aircraft Industries, dále děkuji Ing. Igoru Špačkovi, za poskytnutí informací a dokumentace k jeho letounu SD-1 Mininsport.

Obsah

0. ÚVOD	6
1. TEORETICKÝ ÚVOD	7
1.1 ÚČEL OCASNÍCH PLOCH	7
1.2 VLIV UMÍSTĚNÍ VOP VZHLEDEM K SOP	8
1.3 VYVAŽOVACÍ A ODLEHČOVACÍ PLOŠKY.....	11
1.3.1 Aerodynamické vyvážení.....	11
1.3.2 Aerodynamické odlehčení.....	11
1.3.3 Aerodynamické servořízení.....	12
1.4 SOUSTAVY ŘÍZENÍ.....	12
1.5 PŘIPOJENÍ OCASNÍCH PLOCH.....	14
2. KONFIGURACE OCASNÍCH PLOCH.....	17
2.1 PŘÍKLADY KONFIGURACÍ	17
2.2 KLASICKÉ USPOŘÁDÁNÍ.....	20
2.2.1 Rozdělení konstrukčních řešení	20
2.2.2 Výhody / nevýhody.....	20
2.2.3 Způsoby ovládání	21
2.2.4 Varianty řešení závěsů	22
2.3 USPOŘÁDÁNÍ TYPU T	26
2.3.1 Rozdělení konstrukčních řešení	26
2.3.2 Výhody / nevýhody.....	26
2.3.3 Způsoby ovládání	29
2.3.4 Varianty řešení závěsů	31
2.4 USPOŘÁDÁNÍ TYPU V	39
2.4.1 Rozdělení konstrukčních řešení	39
2.4.2 Výhody / nevýhody.....	39
2.4.3 Způsoby ovládání	40
2.4.4 Varianty řešení závěsů	41
3. ZÁVĚR	45
4. POUŽITÉ PRAMENY	46
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	50
6. SEZNAM PŘÍLOH	50

0. Úvod

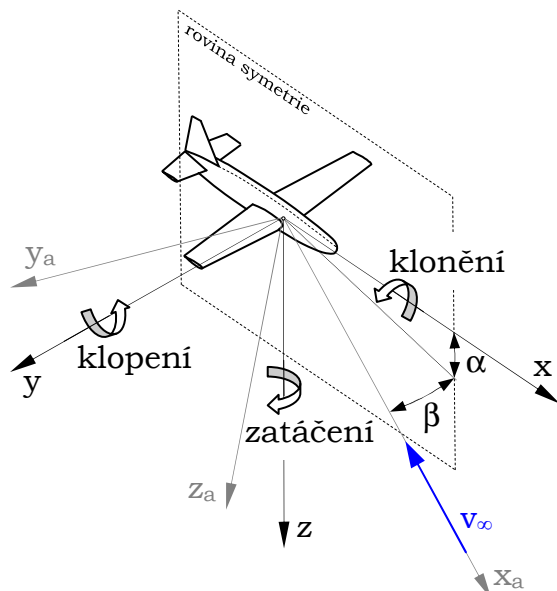
Téma své bakalářské práce jsem si vybral na základě svého dlouholetého zájmu o letectví. Již od raného mládí jsem se zabýval stavbou létajících modelů letounů. Při stavbě modelů jsem se často setkával s různým způsobem zavěšení ocasních ploch. Zajímalo mě, jak je řešeno u skutečných letounů zavěšení těchto ploch. Proto jsem se rozhodl provést průzkum možností konstrukčního řešení těchto závěsů.

V této práci se budu zabývat pouze vodorovnými ocasními plochami. Zabývat se i svislými, jejichž konstrukční řešení je neméně zajímavé, by obsáhlo svým rozsahem ještě jednu práci tohoto druhu. Je to ovšem částečná chyba, protože závěsy vodorovných ocasních ploch jsou často uchyceny v závěsech na svislých ocasních plochách a tvoří důležitý konstrukční uzel.

V úvodu této práce stručně objasňuji použité pojmy, které jsou důležité pro správné porozumění. Bakalářská práce tvoří přehled konstrukčních řešení závěsů vodorovných ocasních ploch, u kterých jsem se zaměřil na řešení u čtyř různých konfigurací, nejčastěji používaných na letounech. Pro každou konfiguraci je vytvořen přehled možných konstrukčních řešení a tato řešení jsou popsána.

1. Teoretický úvod

1.1 Účel ocasních ploch



Ocasní plochy slouží u letounů k řízení směru letu a udržování stability. Letoun musí mít stabilitu a musí být ovladatelný vzhledem ke třem vzájemně kolmým osám. Tato souřadná soustava prochází těžištěm letadla obr. 1.1-1. Proto má letadlo vodorovnou ocasní plochu, svislou ocasní plochu a křídélka.

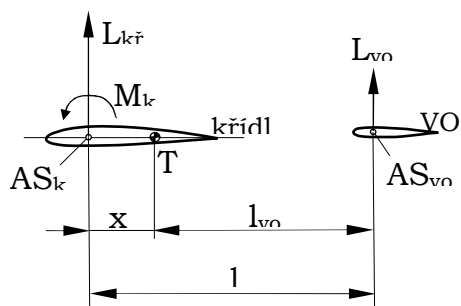
x, y, z - letadlová souřadná soustava

x_a, y_a, z_a - aerodynamická souřadná soustava

β - úhel vybočení

α - úhel náběhu

obr. 1.1-1[1]



Jestliže je znám vztlak a odpor křídla a dále jeho klopivý moment k určitému bodu, pak je nutno tento klopivý moment křídla pro ustálený let vyvážit přidáním ocasních ploch (přidáním účinku ocasních ploch). Dále hraje velkou roli štíhlost ocasních ploch, jejich tvar a umístění vůči trupu. Ocasní plochy mají tedy stabilizační význam.

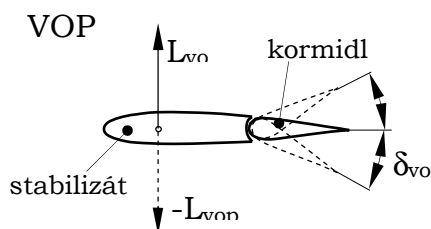
AS - aerodynamický střed - působíště vztlakové síly

$M_{kř}$ - klopivý moment křídla

l - vzdálenost aerodynamického středu křídla a VOP

x_T - vzdálenost těžiště a aerodynamického středu křídla

L - vztlaková síla

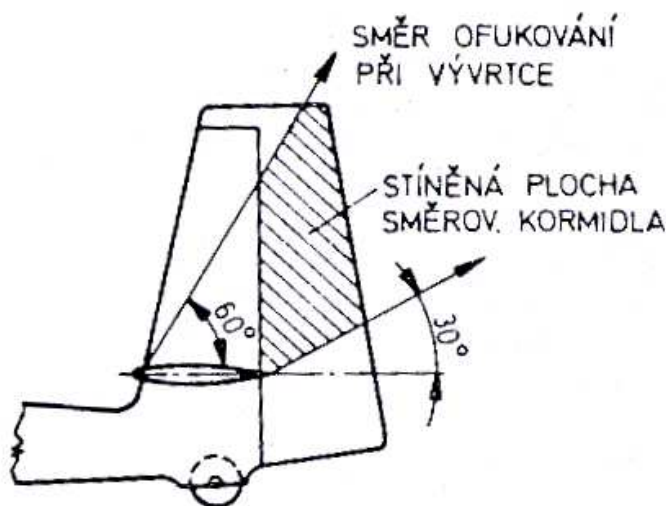


obr. 1.1-2[1]

1.2 Vliv umístění VOP vzhledem k SOP

Tato kapitola byla zpracována na základě [7], [10], [3], [14]. SOP jsou důležité pro vyrovnání vývrtky. Ta se vyrovnává nejdříve účinkem směrového kormidla, kdy je nutné zastavit rotaci letadla. Následně se vyrovná horizontální let pomocí VOP. Poloha VOP vůči SOP rozhoduje

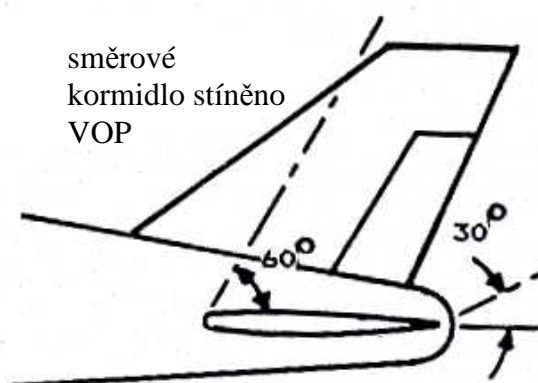
o tom, jak velká část směrového kormidla bude obtékána a jak velká část bude stíněna turbulentními prouděními způsobenými obtékáním VOP. Při vývrtce je VOP obtékána vzduchem o velkém úhlu náběhu, což způsobí rozsáhlou turbulentní oblast. V tomto turbulentním proudění je směrové kormidlo neúčinné. Na obrázku obr. 1.2-1 je oblast turbulentní znázorněna. Nejčastěji svírá s VOP úhel 60° u náběžné hrany a 30° u odtokové hrany směrem po směru letu.



obr. 1.2-1[7]

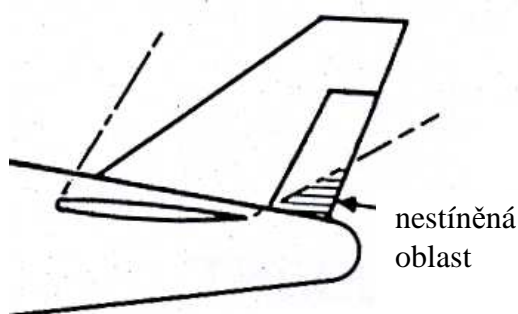
Znázornění variant umístění VOP a způsobu ovlivnění směrového kormidla:

Směrové kormidlo bude tím účinnější, čím větší bude plocha obtékána nerozvřeným prouděním.



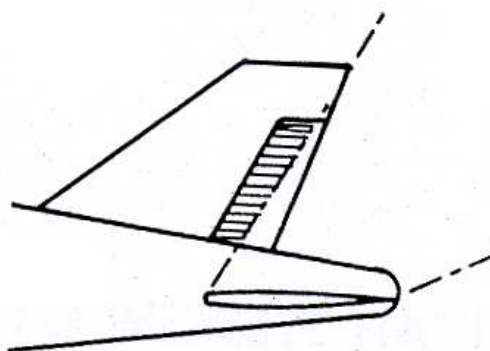
obr. 1.2-2[10]

Na obrázku 1.2-2 je znázorněno zcela nevhodné řešení, kdy je celé směrové kormidlo stíněno, jeho účinnost je při vyrovnávání vývrtky nulová.



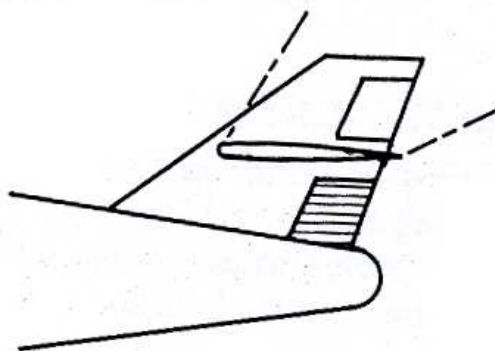
obr. 1.2-3[10]

Na obr. 1.2-3 je znázorněno obtékání aspoň takové část kormidla, že stačí k postupnému vyrovnání pádu.



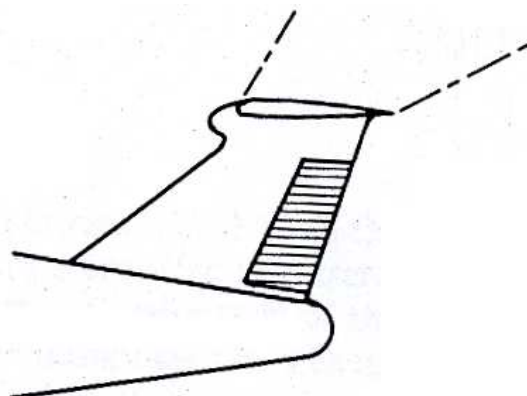
obr. 1.2-4[10]

Varianta znázorněná náčrtem obr. 1.2-4 ukazuje řešení, kdy VOP je umístěna s ohledem na směrové kormidlo. Je dosaženo dobrého obtékání kormidla.



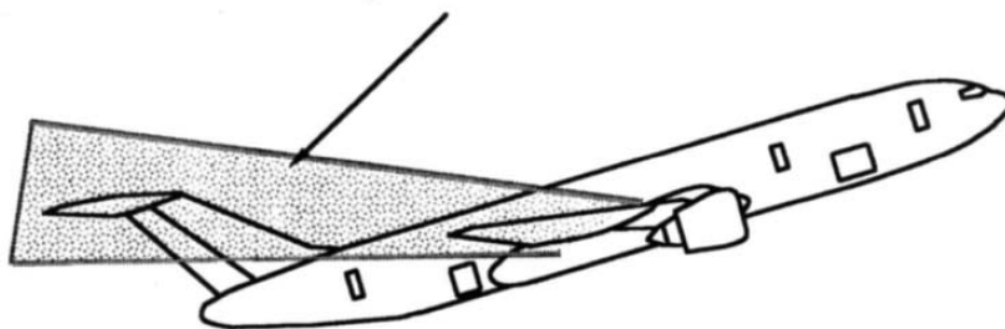
obr. 1.2-5[10]

Na tomto obrázku obr. 1.2-5 s nadsazenou VOP je umístěna VOP přibližně v polovině kýlu. Plocha kormidla postačující k vyrovnání je plně obtékána a plocha, která je nad VOP je stíněna.



obr. 1.2-6[10]

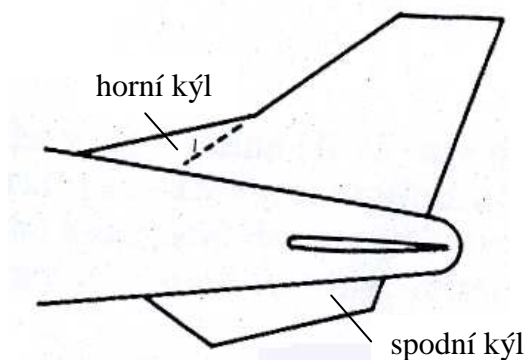
Region of disturbed airflow



Avoidance of aircraft 'deep stall' condition.

obr. 1.2-7[14]

Při řešení VOP typu T je sice směrové kormidlo plně ofukováno obr. 1.2-6, což je velmi příznivé pro zastavení rotace. Ovšem je nutno zahrnout i turbulentní proudění vyvolané křídlem, které vzniká stejně jako na VOP. VOP by se mohla při příliš krátkém trupu nebo přílišné výšce kýlu směrovky dostat do této turbulentní oblasti obr. 1.2-7.



obr. 1.2-8[10]

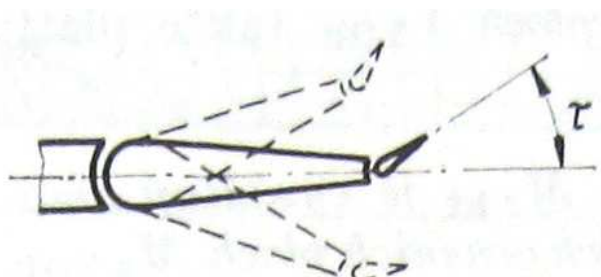
Horní i spodní kýl obr. 1.2-8 má vliv na štíhlost SOP, což vede k horší účinnosti směrového kormidla. Horní kýl při velkém úhlu náběhu pomáhá udržet proudění na SOP, čímž pomáhá při říditelnosti a stabilitě v kritických situacích (před pádem do vývrtky). Spodní kýl obr. 1.2-8 se využívá hlavně pro zlepšení směrové stability při vysokorychlostním letu.

1.3 Vyvažovací a odlehčovací plošky

Zdrojem pro tuto kapitolu 1.3 byl pramen [6]. „S řídicí pákou je kormidlo většinou u malých letounů spojeno jednoduchým pákovým systémem. Síla na řídicí páce musí vyrovnávat výsledný moment k závěsné ose kormidla, tzv. závěsový moment. Tento moment je způsoben z převážné části aerodynamickou silou vznikající na kormidle, z menší části tíhou kormidla (pokud není kormidlo staticky vyváжено, tj. s těžištěm v ose závěsu). Se zvětšováním velikosti letadla a rychlosti letu překročí síly v řízení od určité hranice fyzické možnosti pilota. Ke snížení sil v řízení se používá v těchto případech kromě mechanického servořízení aerodynamických prostředků pro změnu součinitele závěsového momentu: aerodynamického vyvážení, aerodynamického odlehčení a aerodynamického servořízení.

1.3.1 Aerodynamické vyvážení

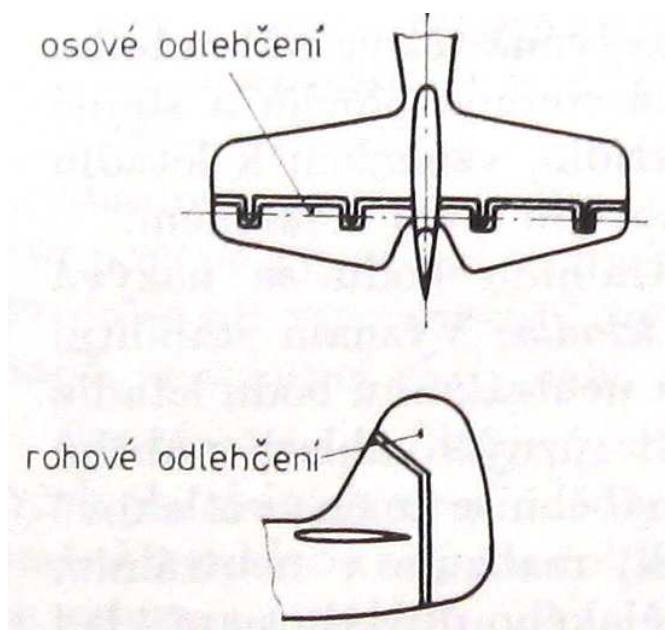
Umožňuje snížit sílu v řízení při určitém úhlu náběhu α a při určité výchylce kormidla na nulovou hodnotu. Nejpoužívanějším prostředkem je vyvažovací ploška na odtokové hraně kormidla, která vůči kormidlu zachovává stálou výchylku τ obr.1.3-1. Tím vytváří stálý přírůstek závěsového momentu, kterým se získává v určitém režimu nulová síla na řídicí páce, nesnižují se však řídicí síly pro vychylování kormidla. Vyvážení výškového kormidla lze provést rovněž vyvažovací ploškou pohyblivou - ovládanou pilotem nebo stavitelným stabilizátorem.



obr. 1.3-1[6]

1.3.2 Aerodynamické odlehčení

Snižuje přírůstek síly na řídicí páce při vychýlení kormidla. Obvyklými způsoby jsou osově odlehčení, rohově odlehčení a vnitřní odlehčení obr. 1.3-2. Zmenšení závěsového momentu lze dosáhnout rovněž zvětšením úhlu odtokové hrany kormidla obr. 1.3-3. Velmi efektivním prostředkem aerodynamického odlehčení je odlehčovací ploška, její výchylka se mění s výchylkou kormidla obr. 1.3-3



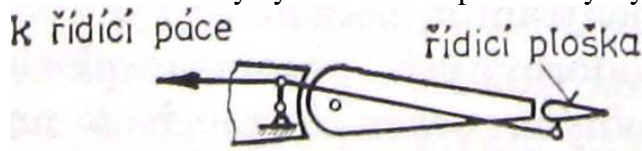
obr. 1.3-2[6]



obr. 1.3-3[6]

1.3.3 Aerodynamické servořízení

Aerodynamické servořízení obr. 1.3-4 se používá ke snížení sil na řídicí páce u velkých letadel. Řídicí páka je spojena s řídicí ploškou u odtokové hrany kormidla, nikoli přímo s vlastním kormidlem. Závěsové momenty vyvolané řídicí ploškou vychylují vlastní kormidlo.



obr. 1.3-4[6]

1.4 Soustavy řízení

Podle autora [11] strany 267 lze dělit soustavy řízení na ohebné (lanové), tuhé (tyčové) a smíšené.

„Ohebnými převody řízení bývají lana. Někdy se v přímých úsecích používá místo lan pásů nebo silného drátu. U lana lze pomocí kladek měnit náhle směr převodu a také vést převod v konstrukčně nejvýhodnějších a nejbezpečnějších místech (např. pod podlahou, po boku

atd.). Ohebný převod je velmi lehký. Jeho nevýhodou je tření v místech ohybu lan a protahování lana, které nastává vždy, když před montáží bylo lano vytaženo. Mimo to i vytažené lano při velké délce převodu „pruží“ a pružnou deformací dává na řídicí páce pocit „pružného“ mrtvého chodu (pohyb rukojeti bez vychýlení kormidla), což zmenšuje citlivost řízení.

Této nevýhodě lze čelit zvětšením průměru lana, ale tím se zvětšuje průměr kladek, zvyšuje váha celého převodu a zvětšuje se tření. Častěji se místo jednoho silného lana používá dvou souběžných, což umožňuje zmenšit průměr kladek, celkovou váhu převodu a snížit tření. Mimo to se tím zvětší trvanlivost převodu, což je zvláště důležité pro vojenské letouny. K nevýhodám ohebného převodu patří potřeba často lana kontrolovat a vyměňovat.

Lanového převodu se často používá u nožního řízení letounů všech druhů a řízení trimerů.

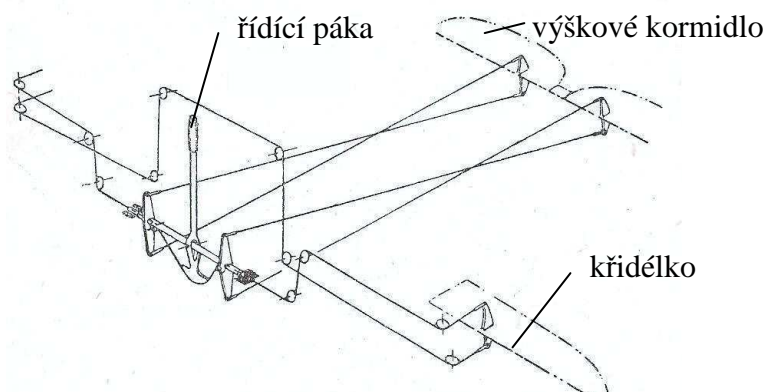


Schéma ručního lanového řízení letounu

obr. 1.4-1[11], strana 267

Tuhý převod se obvykle dělá z tenkostěnných duralových trubek, které se často nazývají táhly.

Tuhý převod se nevytahuje, má menší tření v kloubech a je trvanlivější (než lanový), nepruží a nemá „pružný mrtvý chod“, což jej činí citlivějším než lanový. Avšak tuhý převod je zpravidla těžší a pracnější.

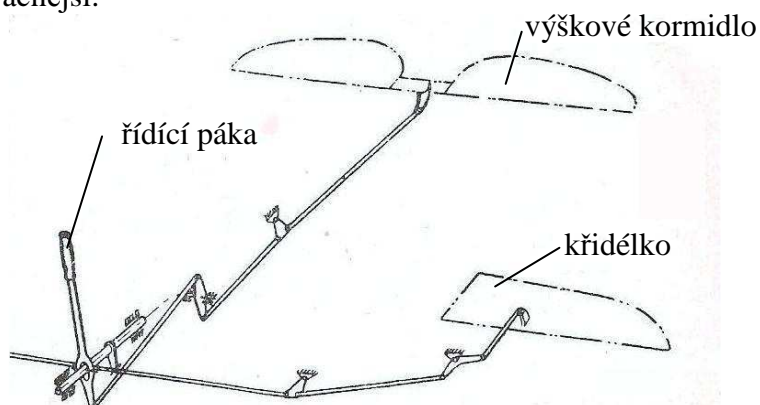


Schéma ručního tuhého řízení letounu

obr. 1.4-2[11], strana 267

Tuhého převodu se hojně používá u stíhacích a vůbec rychlých letounů (v dnešní době se u stíhacích letounů využívá řízení pomocí hydrauliky a elektroniky).

Smíšený převod je kombinací ohebného a tuhého řízení. Převod se ve střední části (v kabině) a poblíž kormidel dělá z tuhých táhel a v ostatní části, zvláště na dlouhých a přímých úsecích, se používá lan.

1.5 Připojení ocasních ploch

Dle autora [11] na straně 75. „Vodorovné ocasní plochy bývají k trupu nebo kýlu připojeny pomocí spojovacích kování (spojovacích uzlů).“

Dále podle stejného autora ze strany 132. „Kování, sloužící k připevnění odnímacích vodorovných oc. ploch k trupu nebo kýlu, se nazývají spojovací (závěsná). Charakter zatížení a namáhání spojovacích kování určuje jejich konstrukční zvláštnosti, podle nichž lze spoje dělit na dva základní druhy:

1. Kloubová (bezmomentová kování, která přejímají jen osové a posouvající síly)
2. Tuhá kování, která se dělí na kování, jež přenášejí ohybové momenty (normální a posouvající síly), a kování, jež přenášejí ohybové a kroutící momenty.

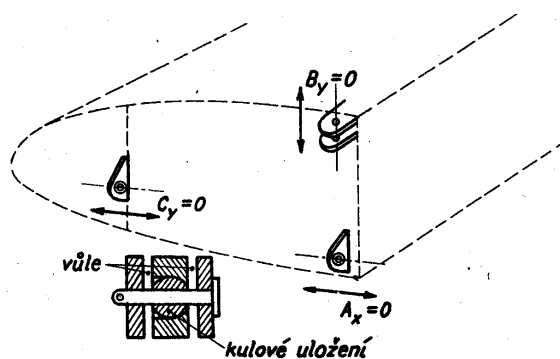
Podle způsobu spojení se konstrukce kování obvykle dělí na vidlicovou, hřebenovou (jsou-li na jedné spojované půlce tři nebo více ok), spojkovou, přírubovou nebo obrysovou a příložkovou (připojení pomocí příložek). V této práci nebudou rozebrány řešení spojení spojkovou, přírubovou, obrysovou a příložkovou konstrukcí.

Kloubová kování: tento druh spojů dovoluje otáčet VOP kolem osy kování. Jejich hlavní zvláštností je, že mají jen jeden svorník. Taková kování lze konstruovat různě, ale z pravidla se skládají z vidlice a oka. Svorníky takového spoje jsou namáhány hlavně na smyk, kdežto šrouby nebo nýty, připevňující kování k nosníkům, na otlacení a smyk.

Tuhá kování: zachycují ohybový moment. Těchto kování se hojně používá. VOP se při takových závěsech připevňuje ve dvou, třech, čtyřech i více spojovacích bodech, jejichž konstrukce se většinou podobá konstrukci kloubových kování.

Oka kování bývají vybavena kulatými vložkami, což umožňuje připojení i při odchylkách od normálních rozměrů mezi kováními a při menším přesazení, které může nastat při výrobě a v provozu. Závěsy s kulovými pouzdry jsou výrobně poněkud složité, hlavně pro nesnadné opracování kulových povrchů a jejich uchycení k pásnicím nosníků z plochých profilů. V provozu jsou však velmi pohodlné.“

Autor [12] na straně 7 popisuje vlastnosti závěsů s kulovými pouzdry. „Závěsy se stříhovými čepy v kulovém uložení mají v protikusech (vidlicích) patřičné vůle postačující k vyrovnání výrobních nepřesností i deformací při zatížení tak, aby nedocházelo k dosednutí ok na vidlici ve směrech os čepů. Kulové vložky vylučují přenos momentů. Toto spojení je schopno odejmout právě všech 6 stupňů volnosti a je staticky určité. Příklad takového spojení je uveden na obr. 1.5-1“



obr. 1.5-1[12], strana 7

Podle autora [12] na straně 3. „Na rozdíl od nosných ploch se však vodorovné ocasní plochy provádějí mnohem častěji jako nedělené a jsou-li dělené, pak prakticky vždy u boku trupu nebo u svislých ocasních ploch. Jen zřídka se dělené vodorovné ocasní plochy připojují na krátké trupové nástavce. Při řešení otázky, jak členit nosné či ocasní plochy, je třeba mít na mysli, že každé dělení znamená zvýšení váhy a že každý spoj je z hlediska pevnosti a zejména životnosti konstrukce nežádoucí komplikací. Je proto třeba konstrukce nosných a ocasních ploch dělit jen tak, jak je to z provozních, dopravních, výrobních či jiných důvodů nezbytné. Na rozebíratelné spoje jsou kladeny především tyto požadavky:

- pevnostní a tuhostní
- výroby, montáže a vyměnitelnosti
- provozní“

Dále autor [12] na straně 4 rozděluje rozebíratelné spoje do dvou skupin.

A) Staticky určité spojení.

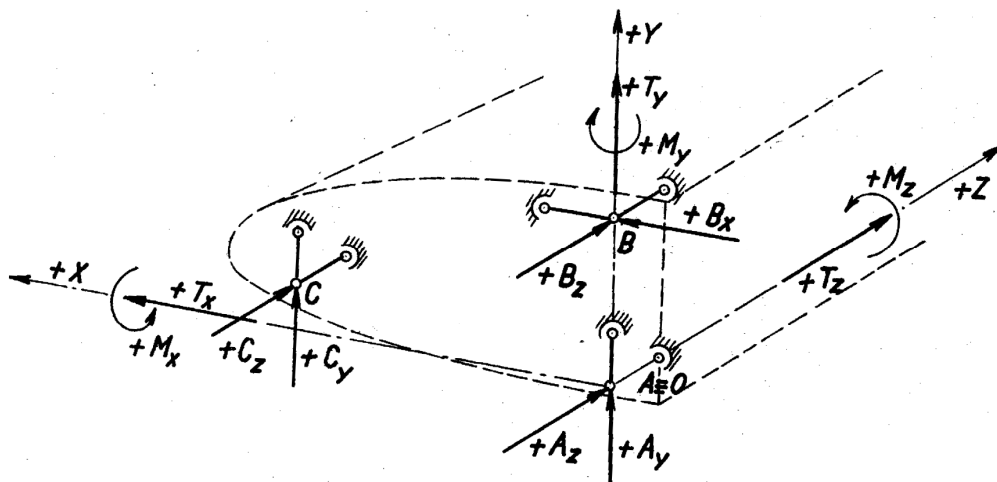
Má některé podstatné výhody. „Velkou výhodou tohoto spojení je, že jednoduchým výpočtem je možno stanovit hodnoty sil v jednotlivých závěsech a na tyto síly bezpečně nadimenzovat jak závěsy, tak i jejich spojení s drakem letounu. Další výhodou je, že staticky určité spojení dává lepší možnost splnění požadavků montáže a vyměnitelnosti bez velkých nároků na přesnost výroby.

Toto spojení má však také některé značné nevýhody. První jeho velkou nevýhodou je, že vyžaduje soustředění sil ve spoji do malého počtu, prakticky do 3 bodů. Mají-li být síly z konstrukce soustředěny do 3 bodů a z nich opět rozvedeny do konstrukce připojované části, neobejde se to bez zvýšení váhy. Toto spojení je vhodné spíše pro menší letouny a pro určité konstrukční provedení nosných a ocasních ploch (s jedním hlavním nosníkem). Rovněž z hlediska bezpečnosti je toto spojení nevýhodné. Porucha kteréhokoli závěsu má za následek havárii letounu.

B) Staticky neurčité spojení.

Umožňuje při větším počtu nosníků lepší využití všech nosných elementů, zejména v nejbližším okolí spojení. Konstrukce závěsů je pak u těžkých a rychlých letounů snazší než u staticky určitého spojení, poněvadž působící síly a momenty jsou rozděleny na více závěsů. Výhodou tohoto spojení je také zvýšení bezpečnosti letounu při poruše některého ze závěsů. I při vyřazení některého kování může mít spojení schopnost i dále držet v rovnováze provozní zatížení spojovaných částí, takže letoun může doletět na letiště s určitou sníženou, ale přijatelnou bezpečností.

Značnou nevýhodou staticky neurčitého spojení je, že ze statických podmínek rovnováhy není možno určit složky sil v závěsech. K jejich určení je třeba dalších přetvárných podmínek. Ovšem přesné vyhodnocení přetvárných podmínek rovnicemi u tenkostěnných leteckých konstrukcí je mimořádně obtížné a výsledky jsou málo spolehlivé. Proto se v praxi obvykle užívá přibližné vyjádření přetvárných podmínek, jež vede k rozdělení sil a momentů podle tuhosti spojovaných dílců konstrukce. Nejistoty v přibližném výpočtu sil se pak kryjí přiměřenou rezervou v dimenzích spojovacích prvků. Další nevýhodou tohoto způsobu spojení jsou potíže výrobní a se zajištěním montáže a vyměnitelnosti. V převážné většině případů je pro zajištění montáže a vyměnitelnosti nutné dodržovat velmi úzké tolerance, což se neobejde bez přesných a tuhých přípravků a přesných měrek.

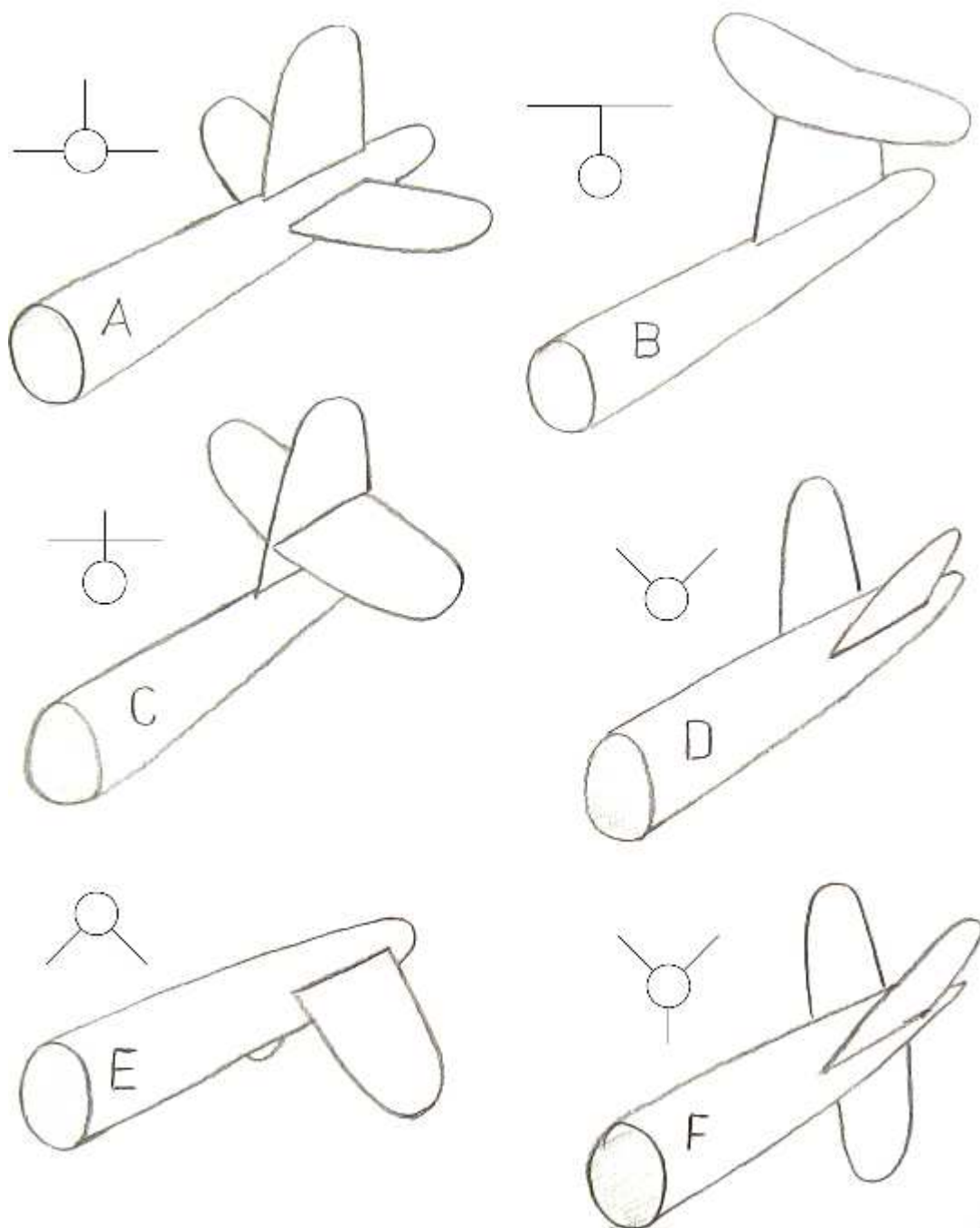


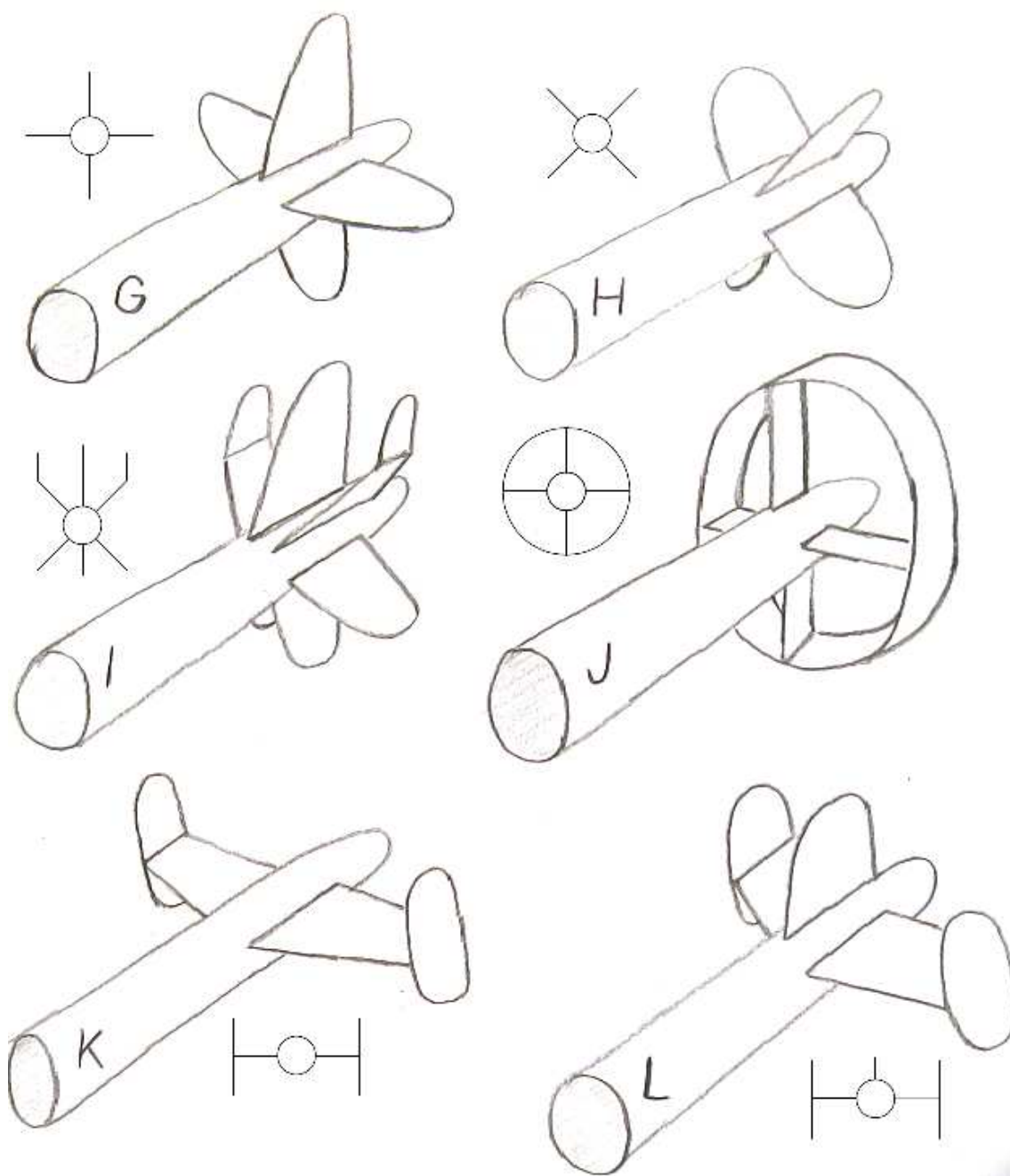
obr. 1.5-2[12]

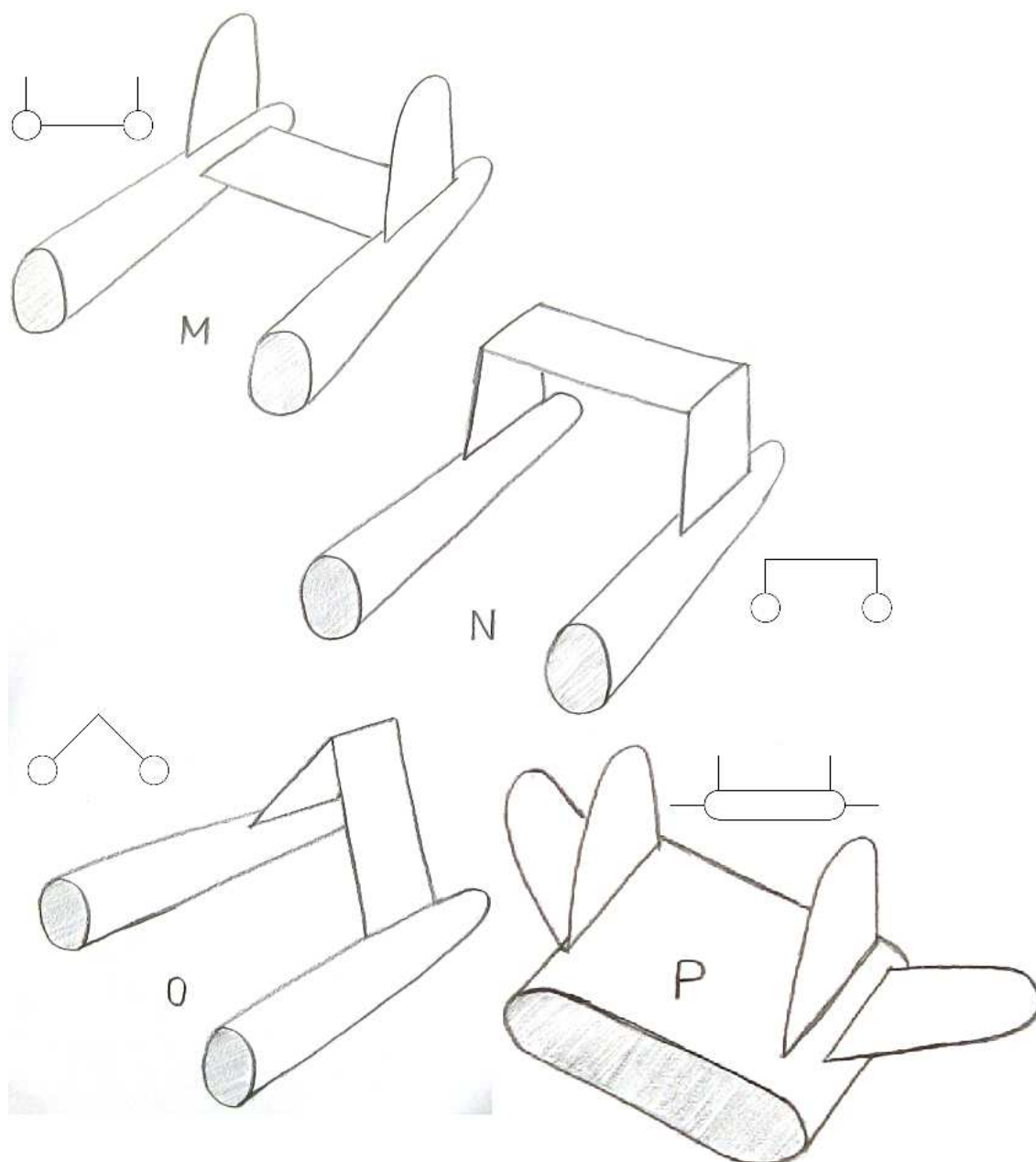
Dále ten samý autor na straně 6 popisuje tuhé spojení ocasních ploch s trupem. Je k tomu potřeba nejméně 3 bodových spojů. Staticky určité spojení dvou částí dělené plochy je možno uskutečnit provedením závěsů např. tak, jak je schematicky znázorněno na obr. 1.5–2. Každý závěs ponechává připojované části jeden stupeň volnosti posuvu a volnost otáčení kolem všech 3 os, čili je schopen odejmout dva ze 6 stupňů volnosti. Síly v závěsech jsou jednoznačně určeny 6 podmínkami rovnováhy. Stejného výsledku lze dosáhnout i jiným provedením závěsů, např. že jeden závěs odnímá 3 stupně volnosti, druhý 2 a třetí jeden stupeň.“

2. Konfigurace ocasních ploch

2.1 Příklady konfigurací





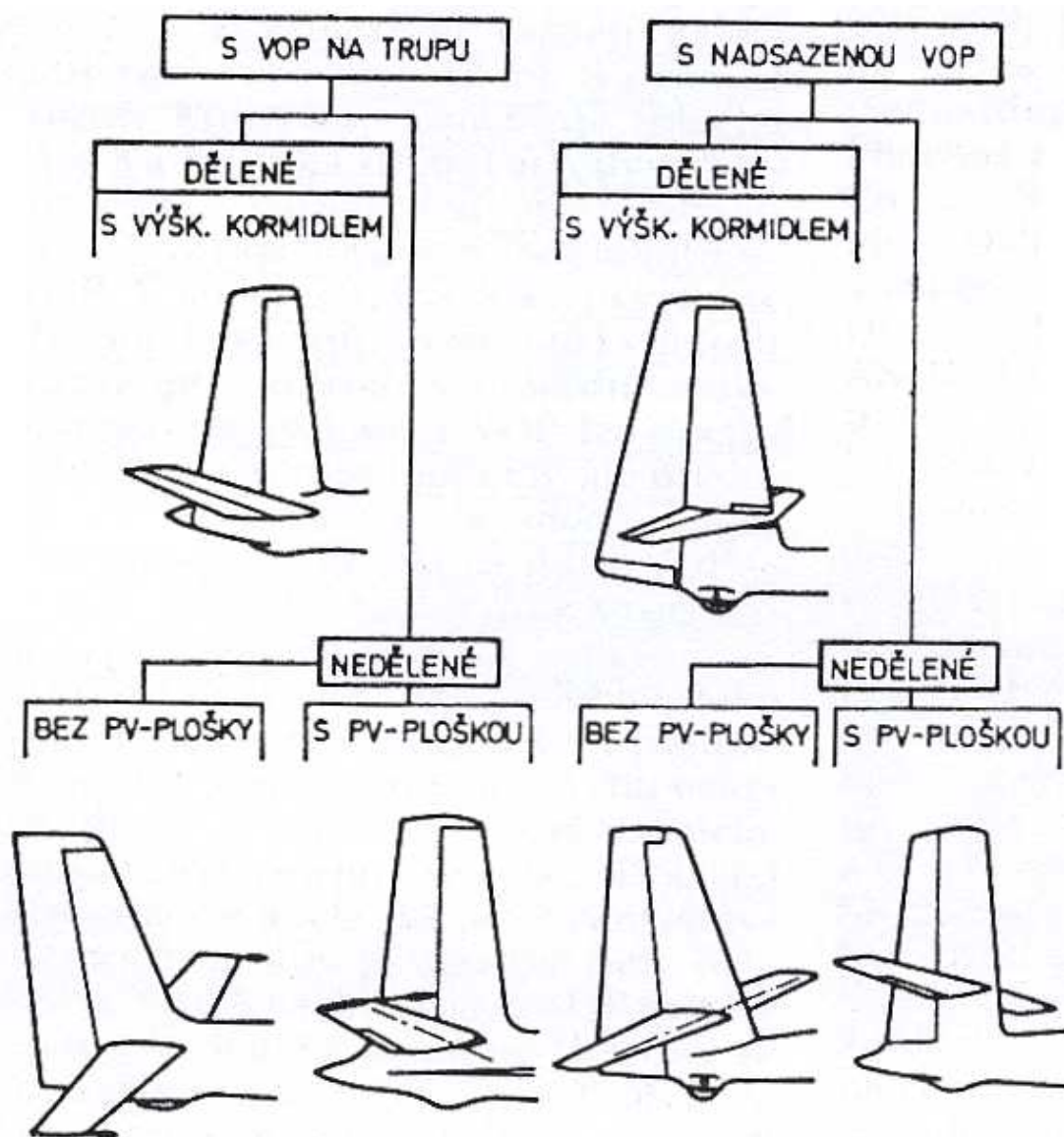


obr. 2.1-1

Toto jsou některé možné varianty řešení konfigurací ocasních ploch. V mé práci se budu zabývat pouze A), B), C), D) z obrázku obr. 2.1-1. V příloze 1 této práce jsou uvedeny příklady letounů, kde byly jednotlivé typy konfigurací realizovány.

2.2 Klasické uspořádání

2.2.1 Rozdělení konstrukčních řešení



obr. 2.2-1[7], článek 20

2.2.2 Výhody / nevýhody

Citováno ze zdroje [7], číslo článku 21. „Jde o nejstarší a v dřívějších letech nejpoužívanější variantu klasických VOP vůbec. Největší nevýhodou takového řešení u větroňů je velká pravděpodobnost poškození VOP při přistání do vysokého porostu. Nejčastěji se tyto plochy vyskytovaly jako dělené, tj. s výškovým kormidlem. V druhé polovině šedesátých let byly trvale na ústupu a v letech sedmdesátých se jich u moderních větroňů téměř neužívalo.“

Zdroj [7], číslo článku 25. „OP nadsazené s dělenou VOP jsou velmi často používaným typem ocasních ploch. Jejich aerodynamické vlastnosti a provozní výhody se blíží k aerodynamickým vlastnostem a provozním výhodám „T“ ocasních ploch. Konstrukční, pevnostní a aeroelastické problémy se dají poměrně snadno vyřešit a téměř odpovídají VOP

na trupu. Odpadají problémy se zajištěním dostatečné tuhosti trupu nezbytné pro OP uspořádané do „T“.

OP s nedělenou nadsazenou VOP bývají děleny u kořene na dvě části. Spojení obou ploch je provedeno prostřednictvím otočného závěsu, který je společně s náhonem zabudován do kýlové plochy. Bylo prokázáno, že pro dosažení nejvyšších výkonů nejsou problémy se zajištěním velikosti požadovaných sil a jejich gradientu do páky řízení rozhodující.“

Zdroj [7], číslo článku 26. „Nedělené nadsazené VOP s přitěžovací – vyvažovací ploškou jsou nejvhodnějším kompromisním řešením. Problémy s požadavky předpisů na zajištění potřebných letových vlastností jsou řešeny prostřednictvím přitěžovací – vyvažovací plošky.“

Autor pramenu [10] na straně 69 píše, že toto řešení zajišťuje dostatečnou stabilitu a říditelnost při nízké hmotnosti. Přibližně 70% letounů používá tuto koncepci uspořádání.

Autor knihy [3] provedl na straně 39 srovnání OP typu T a klasických OP na trupu. Porovnával PA-28 s OP typu T a PA-28 s VOP na trupu. Řešení T je o 38% těžší. U malých letounů při pečlivém výpočtu lze tento rozdíl snížit na 16%, což je u malého letounu (ultralightu) zanedbatelná hodnota.

Dle [4] strany 148 je řešení umístění VOP přímo na trupu nevhodné, prakticky mimo asfaltovou dráhu nebo udržovanou travnatou dráhu. Toto platí především pro kluzáky, jimiž se autor v knize zabývá, ovšem lze toto tvrzení vztáhnout na ultralehké a malé letouny. U OP s nadsazenou VOP snižují tyto problémy, ovšem jejich použitím vzrůstá aerodynamický odpor. Je to způsobeno čtyřmi rohy mezi kýlem a stabilizátorem, které nám tímto řešením vzniknou.

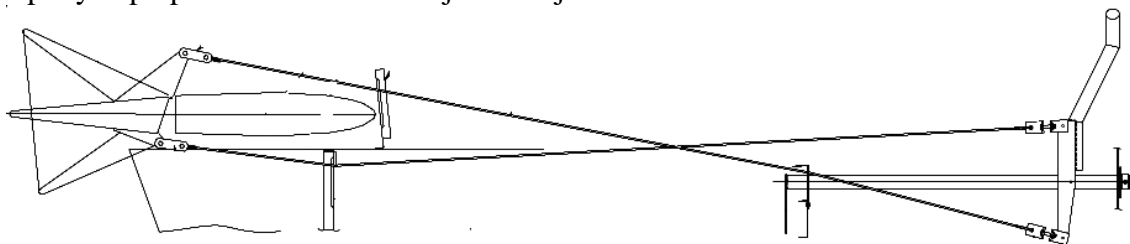
Autor pramenu [13] píše na straně 331, že tyto plochy musí být větší. Je to způsobeno vzájemným ovlivněním trupu a VOP.

2.2.3 Způsoby ovládání

Dle [7] bylo prokázáno, že „pro dosažení nejvyšších výkonů nejsou problémy se zajištěním velikosti požadovaných sil a jejich gradientu do páky řízení rozhodující.

P-V ploška plní zpravidla dvě funkce. Podélné vyvážení je řešeno samostatnou výchylkou plošky nezávisle na jejím převodu. Převod plošky bývá 1 – 1,8 (nejčastěji 1,5). Vzhledem k tomu, že P-V plošky při velmi malé účinnosti potřebují značně velké výchylky, je lepší použít pružinového vyvážení na páce řízení.“

Na obrázku obr. 2.2-2 je znázorněno řešení ovládání VOP ultralehkého letounu ZODIAC. Jedná se o lanové provedení, do kterého jsou začleněny pouze napínače lan. Výškové kormidlo je vybaveno vyvažovací ploškou, která je ovládána elektrickým servomotorem. Z dostupné dokumentace je zřejmé, že lana nejsou vedena přes kladky, ale pouze průvlaky v trupových přepážkách. Toto řešení je velmi jednoduché. Jedná se



Obr. 2.2-2[51]

o letoun, který si po stažení výkresové dokumentace z internetu může postavit kdokoli v domácích podmínkách, tomu odpovídá i složitost konstrukce.

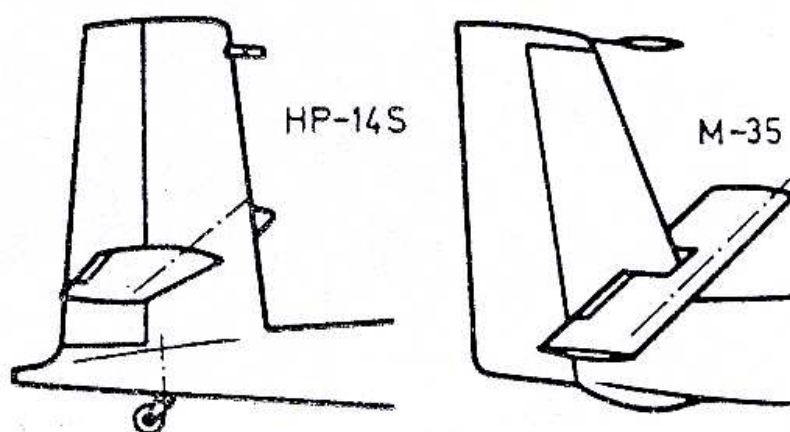


2.2-3[52]

Na fotografii obr. 2.2-3 je zachyceno řešení kombinující lanové a tuhé řízení. Tohoto řešení bylo použito na ultralehkém letounu KR2S. oproti řešení uvedeném na obr. 2.2-2 konstruktér využil kombinace lan a táhel tak, aby nemusel použít kladek a zároveň se vyhnul tření lana v průvlaku přes trupovou přepážku. Lana spojují dlouhý rovný úsek mezi ocasní plochou až k zadům sedadla pilota, kde je lano přes páku napojeno táhlem až k řídicí páce. Protože lano prochází volným prostorem trupu není třeba kladek tam, kde by docházelo k ohýbání lana, je umístěna páka a napojena na táhlo. To umožňuje zároveň převodovat sílu do řídicí páky.

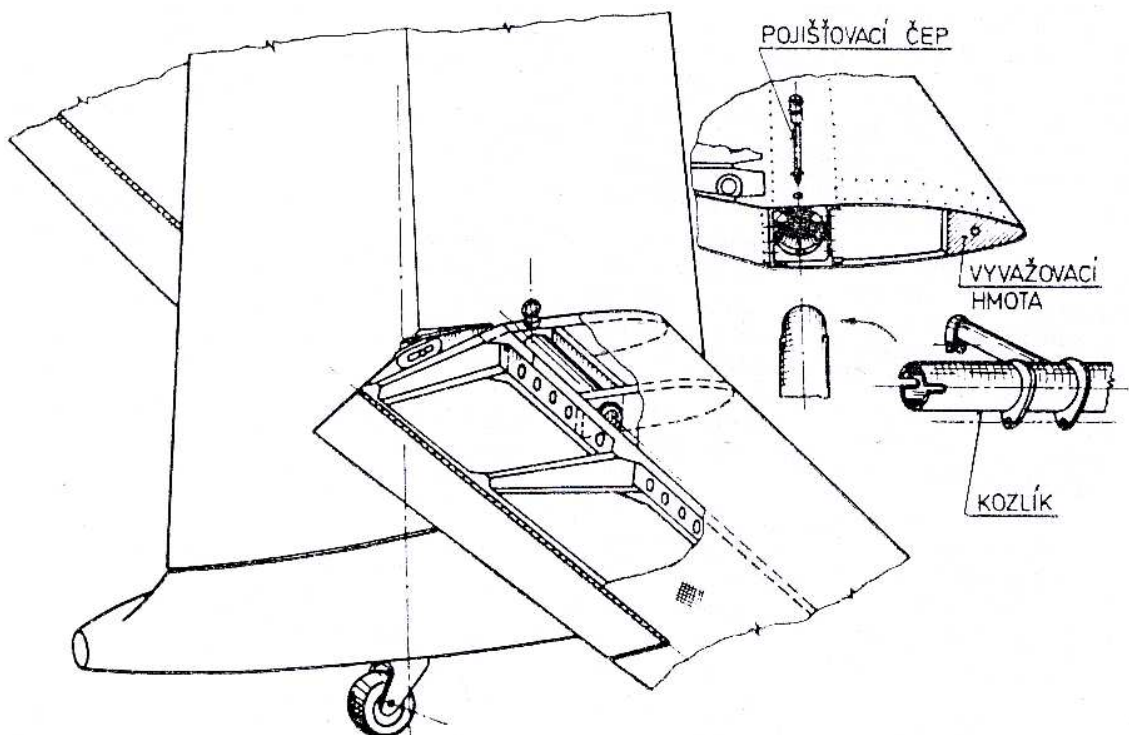
2.2.4 Varianty řešení závěsů

Na obrázku 2.2-3 je znázorněno v jakých místech je možné umístit osu otáčení nedělených OP.



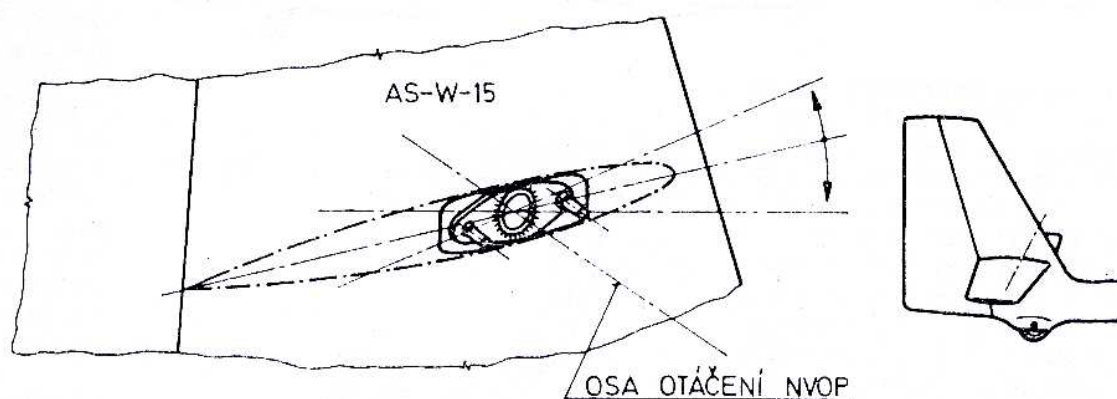
obr. 2.2-3[7], článek 26

Na obr. 2.2-4 je možnost řešení závěsu VOP kovové konstrukce. Toto řešení by bylo výhodné použít i pro kompozitní konstrukci. Je to jednoduché řešení snadno smontovatelné. Je ovšem nutné zajistit velmi dobré lícování kozlíku s VOP tak, aby nemohlo dojít po zajištění pojišťovacím čepem k vzájemnému natočení obou ploch do „vrtule“. Navíc zajištění poloviny VOP závisí pouze na jednom čepu. Kromě toho se poměrně drobný čep snadno ztratí.



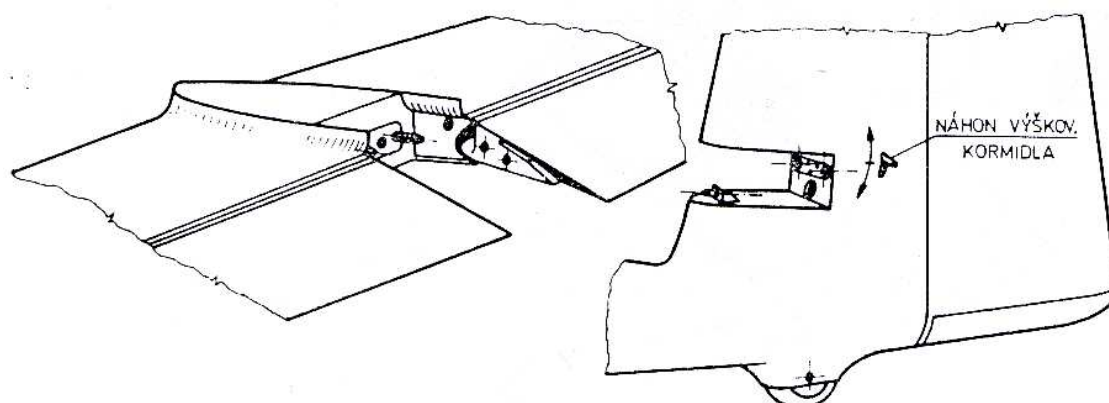
obr. 2.2-4[7], článek 26

Na obr. 2.2-5 je znázorněno řešení podobné obr. 2.2-4. Jeden pojišťovací čep je nahrazen dvěma kolíky na každé straně kozlíku. Přes kozlík prochází trubka spojující obě poloviny VOP. Toto řešení je dle mého názoru výhodnější pro kompozitní konstrukci, protože díra pro kolík je na kořenovém žebře. Je tak zvýšena aerodynamická čistota VOP. Pokud by byla konstrukce kompozitní je možné celý mechanismus dokonale zabudovat tak aby vznikla minimální mezera mezi SOP a VOP.

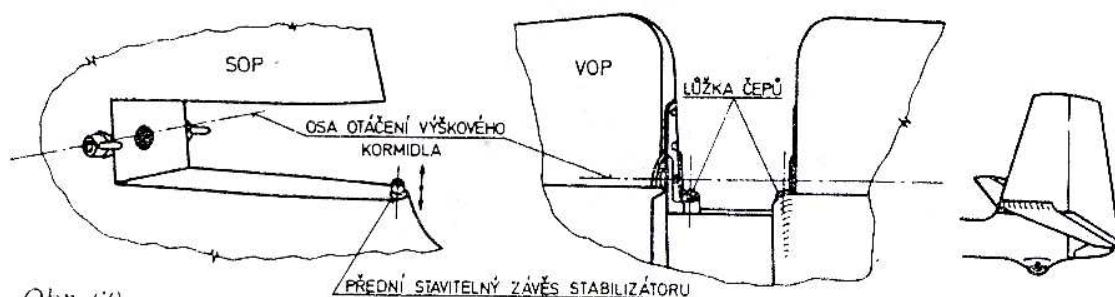


obr. 2.2-5[7], článek 25

Obrázek obr. 2.2-6 znázorňuje řešení pro VOP s výškovým kormidlem. Výhodou je stabilizátor u kořene nedělený. Ovšem v kýlu vznikne poměrně velký výřez, což může způsobit jeho sníženou tuhost. Stabilizátor se nasazuje směrem od náběžné hrany kýlu. Zapadá kolíky do děr v zadní části otvoru v kýlu. Zajištění proti vysunutí je realizováno pomocí závěsu na přední straně kýlu. V případě nedělené VOP je na rozdíl od tohoto řešení mechanismus ovládání současně závěsem.



obr. 2.2-6[7], článek 25



Obr. 60

obr. 2.2-7[7], článek 25

Na obr. 2.2-7 je znázorněno řešení podobné obr. 2.2-6. Na rozdíl od obr. 2.2-6 je stabilizátor v zadní části zajištěn pákou ovládání kormidla. V přední části výškově stavitelným závěsem, který umožňuje jednodušší nivelaci kluzáku.

Fotografie obr. 2.2-8 zachycuje celokovový ultralehký letoun STOL CH 750. Stabilizátor je

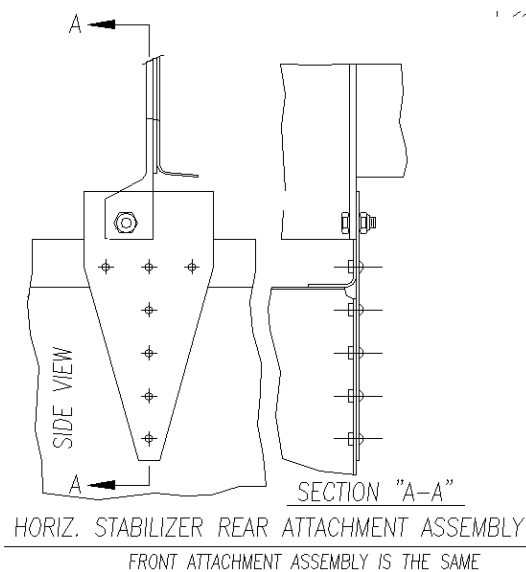


obr. 2.2-8[51]

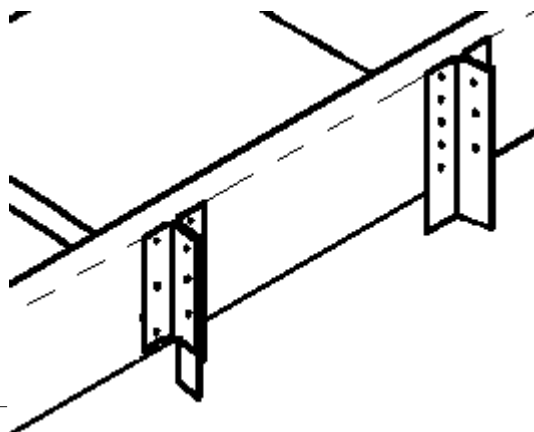
zavěšen na čtyřech závěsech. Závěsy jsou přinýtovány k potahu trupu a ke kostře trupu. Závěsy na stabilizátoru jsou přinýtovány k nosníkům. Spojení je zajištěno pomocí čtyř šroubů. Kování závěsů je vyrobeno z plechu. Toto konstrukční řešení je značně jednoduché. Ovšem letoun z plechu. Toto konstrukční řešení je

nemá tyto závěsy nijak zakrytovány, což je velmi špatné řešení z hlediska aerodynamiky. Jedná se o letoun amatérské konstrukce určený pro výrobu svépomocí, kde je především jednoduchost žádoucí na úkor některých věcí, které by při domácí výrobě byly spíše na překážku. Výhodou je velmi snadný přístup ke šroubům, které slouží ke spojení. Při výrobě stačí pouze ustavit stabilizátor do správné polohy vůči trupu a svrtat díry v kování závěsů ruční vrtačkou.

Na obr. 2.2-9 je uveden podrobný náčrt upevnění kování tohoto letounu na trupu. Obr. 2.2-10 znázorňuje uchycení závěsového kování na nosníku stabilizátoru. Z obou těchto obrázků je zřejmá velká jednoduchost zavěšení.



obr. 2.2-9[51]



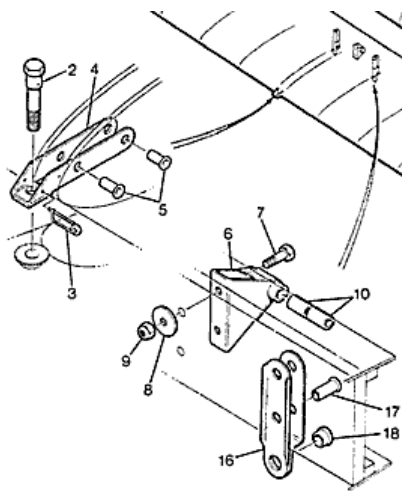
obr. 2.2-10[51]

Na fotografii obr. 2.2-11 je znázorněno zavěšení realizované na ultralehkém letounu KR2S kombinujícím dřevěnou konstrukci s kovovou. Závěsové kování je na trup přišroubováno vruty. Tím samým způsobem je proveden spoj stabilizátoru s tímto kováním. Toto spojení je sice možno rozebírat, ale častým rozebíráním trpí, vzhledem k tomu, že spojení je realizováno vrutem zašroubovaným přímo do nosníku stabilizátoru.



obr. 2.2-11[52]

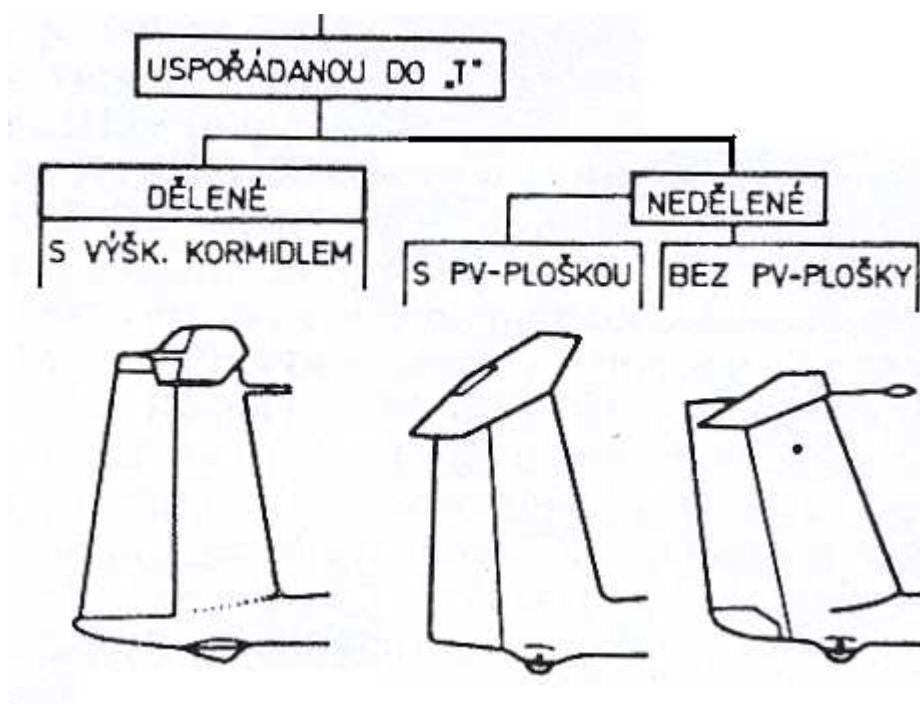
Náčrt obr. 2.2-12 ukazuje řešení na letounu KR2S. Tento letoun je továrně vyráběn, čemuž odpovídá i konstrukce závěsových kování. Stabilizátor je upevněn staticky určitě pomocí tří závěsů. Tyto závěsy jsou přinýtovány ke konstrukci stabilizátoru. Dva zadní k nosníku stabilizátoru a přední závěs mezi žebra. Spojení je zajištěno šrouby. Šrouby na závěsech blíže odtokové hraně VOP jsou hůře přístupné což znesnadňuje demontáž VOP. Šroub předního závěsu (blíže náběžné hraně VOP) je přístupný snadno. Vzhledem k tomu, že se jedná o motorizovaný větroň nepředpokládá se tak častý transport jako u větroňů. U takového letounu se předpokládá, že by měl dosáhnout letiště, nebude ho tedy potřeba přepravovat po přistání mimo letiště. Proto je demontáž VOP obtížnější.



obr. 2.2-12[53]

2.3 Uspořádání typu T

2.3.1 Rozdělení konstrukčních řešení



obr. 2.3-1[7], článek 20

2.3.2 Výhody / nevýhody

Dle autora zdroje [7], článek číslo 21 „takto uspořádané VOP zvyšují efektivní štíhlost SOP a celkovou aerodynamickou čistotu OP. Větší účinnost VOP i SOP umožňuje zmenšit velikost ploch i délku trupu. VOP jsou mimo úplav za křídlem, mají menší interferenční odpory, nestíní směrové kormidlo a jsou bezpečné při přistávání do vysokého porostu. Celé uspořádání je ovšem konstrukčně složitější a má vyšší hmotnost. Takto uspořádané OP, zvláště u velmi štíhlých zadních částí trupu, jsou náchylné ke vzniku třepotání. Zvyšují

nároky na dostatečnou tuhost SOP a zadní části trupu a nároky na dodržení rozložení hmot (polohy hmotových os). Pro SOP je nutné použít profilu s větší poměrnou tloušťkou.“

Dále dle autora zdroje [7], článek číslo 22.

„Ocasní plochy „T“ s nedělenými VOP jsou zajímavé tím, že se vychylují jako celek kolem otočného závěsu, jehož poloha je přesně stanovena. Vztlaková síla na VOP, potřebná k momentové rovnováze větroně a k jeho podélnému řízení se vyvozuje u nedělených VOP (dále jen NVOP) pouze změnou úhlu nastavení (náběhu) NVOP. Zatímco u dělených VOP (s výškovým kormidlem) je maximální využitelný vztlak podstatně menší. Tato výhoda se projevuje tím výrazněji, čím větší je rozsah úhlu náběhu a čím větší změny klopivých momentů musí VOP překonávat. Projeví se to např. u větroňů s účinným vztlakovým zařízením (při startu a přistání). NVOP mohou mít pro daný rozsah centrál menší plochu, nebo při dané velikosti dovolují větší rozsah centrál. Důležité je správné stanovení polohy osy otáčení vzhledem k aerodynamickému středu. Na jejich vzájemné poloze jsou velmi citlivé derivace závěsových momentů. Dále je důležitá poloha aerodynamického středu a tedy i velikost sil v řízení. Není v celém rozsahu úhlu náběhu stálá. Vhodnou volbou profilu lze však tyto nepříznivé vlivy do značné míry potlačit. Hlavním problémem je tedy zajištění potřebných velikostí sil do ručního řízení a jejich příznivého gradientu.“

V pramenu [7], článek číslo 23 autor tohoto článku shrnuje výhody a nevýhody nedělených VOP.

- 1.) Nedělená VOP lépe zajišťuje podélnou ovladatelnost větroně ve všech režimech letu. Zvláště těch režimů letu, ve kterých je účinek normální VOP při velkých úhlech náběhu nedostačující. Tato výhoda se nejlépe uplatňuje ve fázi přistání, která bývá pro velikost VOP rozhodující.
- 2.) NVOP má menší celkový odpor (odpadají odpory způsobené dělením VOP – šterbinami mezi stabilizátorem a výškovým kormidlem). Je aerodynamicky čistší a více přispívá ke zvýšení výkonu větroně.
- 3.) NVOP je konstrukčně jednodušší než VOP s výškovým kormidlem a stabilizátorem. Vůbec nejjednodušší je NVOP s osou otáčení v aerodynamickém středu bez plošek s pružinou (pružinami), případně se závažím v systému řízení (závaží se používá k zajištění požadavku $P^n > |-2| \text{ kp}$).
- 4.) Derivace závěsových momentů NVOP jsou velmi citlivé na polohu osy otáčení vzhledem k AS. Tuto nevýhodu lze omezit pečlivým výběrem profilu (se stálou polohou AS) a částečně proměnným převodem přitěžovací plošky.
- 5.) NVOP s osou otáčení v AS a s pružinami v systému řízení nejsou zpravidla schopny splnit požadavky předpisu v celém rozsahu. (Řešení vede ke složitému a v praxi velmi těžko aplikovatelnému systému pružin s exponenciální charakteristikou.)

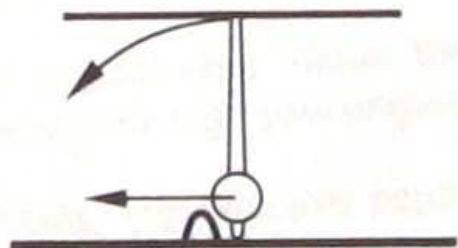
„NVOP uspořádané do T mohou být v jednom celku (nejsou rozděleny na dvě zrcadlově podobné části v rovině symetrie) a proto jsou dostatečně pevné a tuhé i při použití poměrně tenkých profilů. Lze je vyrobit s velmi přesným tvarem – teoretickým obrysem a kvalitním povrchem, zvláště při využití negativních forem, skelných laminátů a pěnových výplní. Taková konstrukce může mít jen zesílená žebra v oblasti zabudování závěsných kování a náhonu ovládání. U „T“ ocasních ploch NVOP používají buď přímé s vnějším statickým vyvážením nebo šípové. Pokračování je uvedeno v dalším článku [7], článek číslo 24. Uvádí také, že svislé ocasní plochy mají převážně menší výšku (štíhlost) a vzhledem k menším NVOP působí mohutně.

Vývoj řešení nových uchycení NVOP na SOP směřuje ke stále jednodušším provedením. Tato tendence je podřízena především požadavku na rychlou montáž a demontáž v provozu.“

Tento článek [7], článek číslo 24 dále pokračuje hodnocením „T“ ocasní plochy s výškovým kormidlem. Autor píše, ... „klasické VOP (nebo také nedělení VOP) nacházejí stále znovu své uplatnění i u moderních větroňů s „T“ ocasními plochami. Přehodnocování jejich výhod a nevýhod je převážně spojeno s používáním klapkových profilů na křídle, které umožňují snížit mohutnost VOP a hloubky výškových kormidel.“

Autor [10] na straně 69 uvádí, že konfigurace „T“ je širší využívána. „T“ konfigurace je podstatně těžší jak předešlé uspořádání v kapitole 2.2, protože SOP musí být pevnější. Je to způsobeno tím, že nese na svém konci VOP. Avšak „T“ konfigurace má mnoho výhod, které kompenzují tyto potíže. „T“ VOP vlivem umístění na konci umožňuje použít menší SOP. VOP je čistěji ofukována (není tolik stíněna křídlem), což ji činí efektivnější a může být menší.

Dle zdroje [4] na straně 148. Jako nevýhodu autor uvádí umístění stabilizátoru daleko od hmotnostní osy trupu. Aeroelastické úvahy vyžadují zvýšenou tuhost trupu a kýlu a tím i zvýšení strukturální hmotnosti. Stabilizátor svou hmotností může poškodit trup, což může



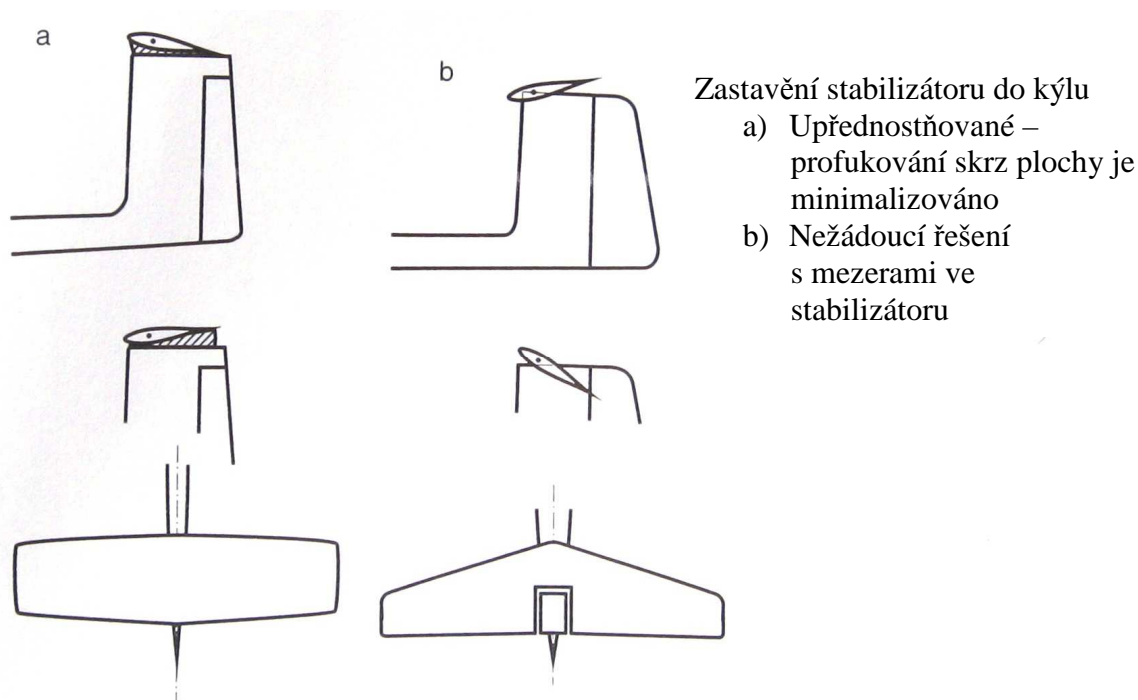
obr. 2.3-2 [4], str. 148

nastat při kontaktu s terénní překážkou, když se konec trupu dostane do smyku při přistání. Z tohoto důvodu se používá co nejnížší hmotnost takovýchto ocasních ploch. Důležitá je také dobrá volba hlavního podvozku.

Chceme-li minimalizovat jakékoliv tendence k třepotání (fluttru) stabilizátoru, měl by být umístěn před elastickou osou kýlu.

Celkově lze konstatovat, že mnohé výhody „T“ vedly k tomu, že se stávají standardem pro moderní vysoce výkonné větroně.

Dále je třeba dbát na spojení stabilizátoru a kýlu, tak aby stabilizátor nevyžadoval výřez pro kýl. Výřezy je obtížné těsnit a je pravděpodobné významné proudění vzduchu přes ně. Tuto obtíž je možné vyřešit prodloužením stabilizátoru do kýlu. Mezera mezi kýlem a prodloužením je méně kritická. Je to z toho důvodu, že vztlak na kýlu je větší dobu nulový, takže tlaky na obou površích kýlu jsou vyrovnané. Toto řešení je znázorněno na obrázku obr. 2.3-3.



obr. 2.3-3[4], str. 149

Autor zdroje [3] uvádí na straně 37. „T“ ocasní plochy mají VOP umístěnou nad trupem mimo stínění od křídla, takže fungují lépe. Také umístění VOP na konci SOP je lepší. Tyto plochy mohou být menší přibližně o 5% oproti uspořádání VOP na trupu. Přesto se zdá, že hmotnost „T“ ploch je vyšší, protože kýl nese hmotnost celé VOP. Což způsobuje velké kroucení trupu. Pouze podrobný výpočet nám může odpovědět jaký je skutečně rozdíl oproti jiným konstrukčním řešením.

2.3.3 Způsoby ovládání

Na obr. 2.3-4 jsou znázorněny některé z možností jak ovládat nedělenou VOP bez přitěžovací plošky a s přitěžovací ploškou. Jednotlivé řešení jsou blíže rozepsány v kapitole 2.3.4.

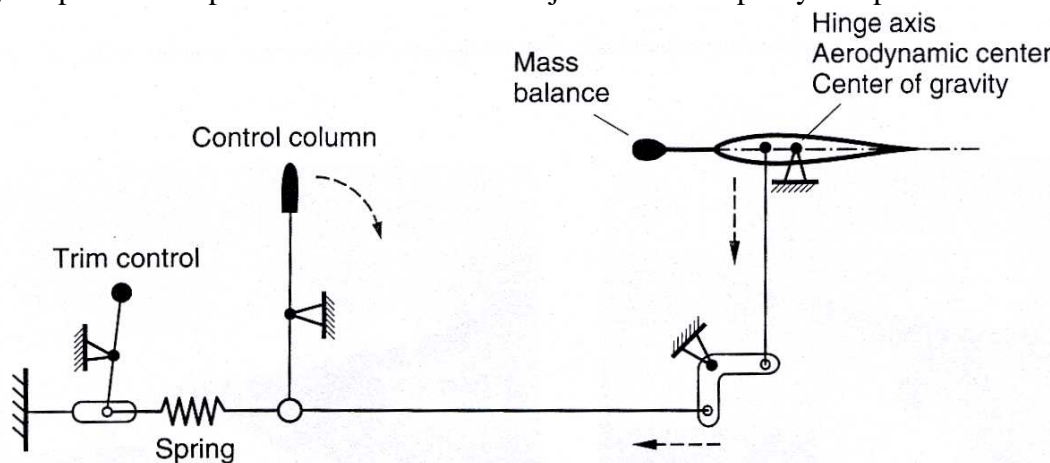


Fig. 184: All-flying tail hinged at aerodynamic center, with symmetrical airfoil, mass balance and spring trim mechanism.

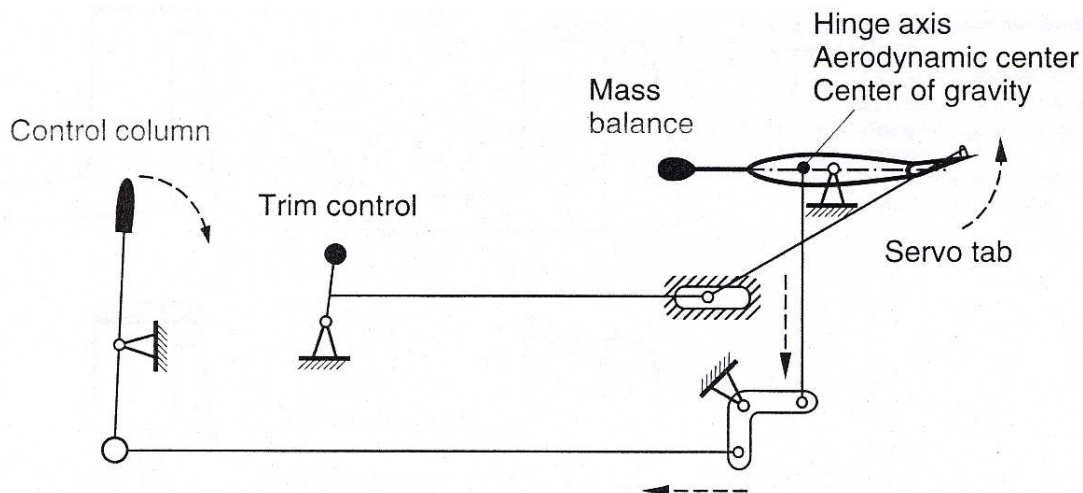
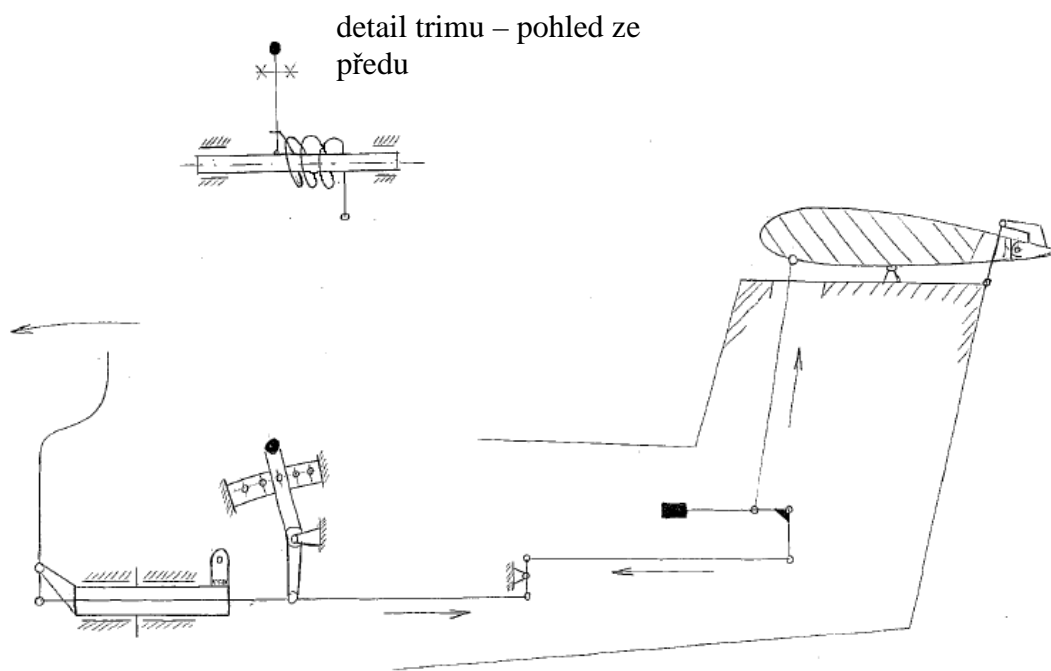


Fig. 187: All-flying tail with servo-tab and mass balance, hinged at aerodynamic center.

obr. 2.3-4[4], strana 150

Obr. 2.3-4 ukazuje konkrétní ovládání použité na letounu SD-1 Minisport. Informace poskytl Ing. Špaček [54]. Jedná se o ovládání nedělené VOP zavěšené za aerodynamickým středem s přetěžovací ploškou. V systému je zařazeno i trimování VOP. Použité řešení je zobrazeno v detailu A na obrázku 2.3-4. Do systému je také zařazeno závaží. Jedná se o reálnou aplikaci v letounu vycházející z obr. 2.3-4, horního schématu. Místo tažné/tlačné pružiny je zde použito pružiny namáhané skrucováním. Nastavením trimu do určité polohy posouvá se i místo, kde pružina není namáhána. Tímto se změní i neutrální poloha řídicí páky, kde je síla do řízení nulová nebo nejmenší. Řízení je tuhé realizováno trubkami. Táhl ovládající přetěžovací plošku je upevněno na kýlu.



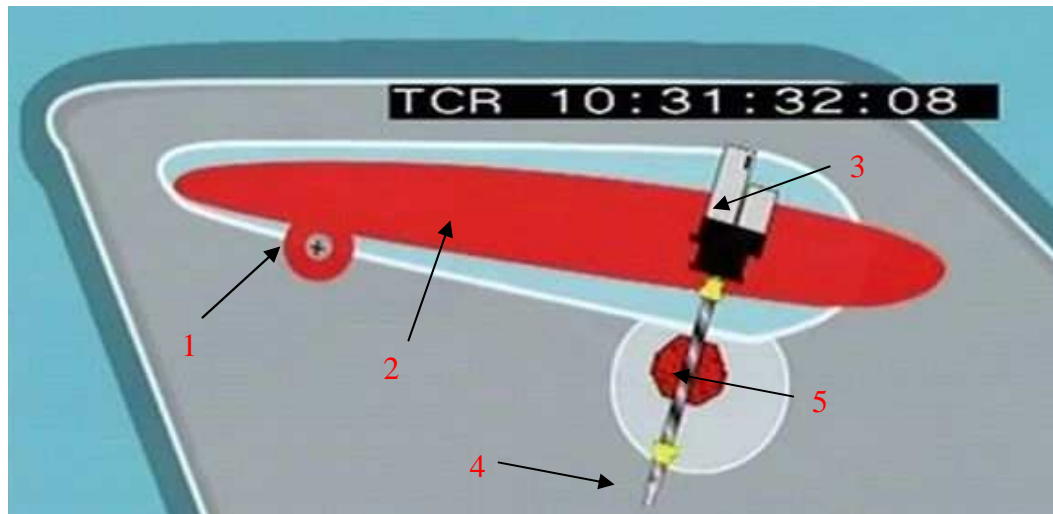
Obr. 2.3-5[54]



obr. 2.3-6 [55]

Na velkém dopravním letounu McDonnell Douglas MD-83 obr. 2-3-6 je použita následující varianta. Tento letoun má kromě výškového kormidla i pohyblivý stabilizátor. Zaměřím se na ovládání stabilizátoru.

Stabilizátor 2 je ovládán mechanismem znázorněným na obr. 2.3-7. K ovládání slouží hydromotor (nebo elektromotor) 3, který zajišťuje otáčení stabilizátoru kolem čepu 1. Pohyb je docílen šroubováním šroubu 4 v matici 5. Smyslem otáčení motoru je řízen smysl natáčení stabilizátoru 2 kolem čepu 1.



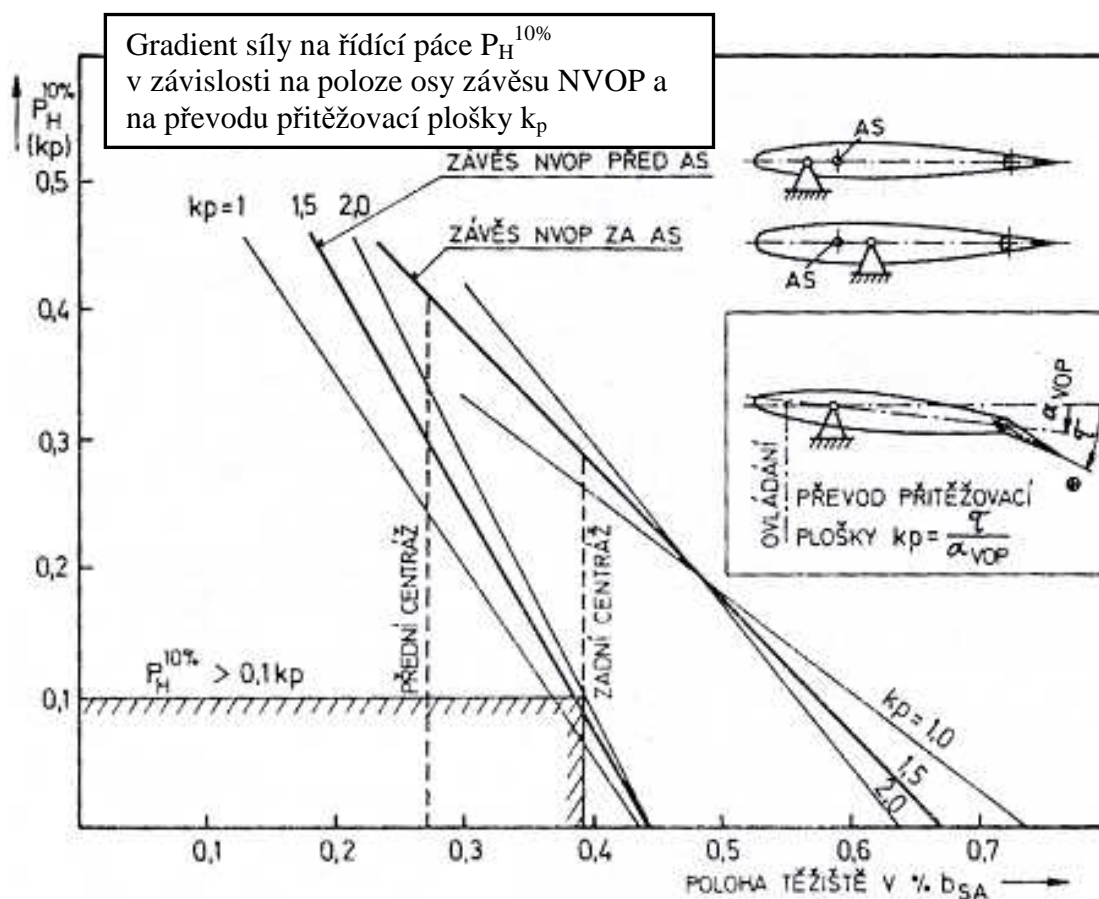
obr. 2.3-7 [56]

2.3.4 Varianty řešení závěsů

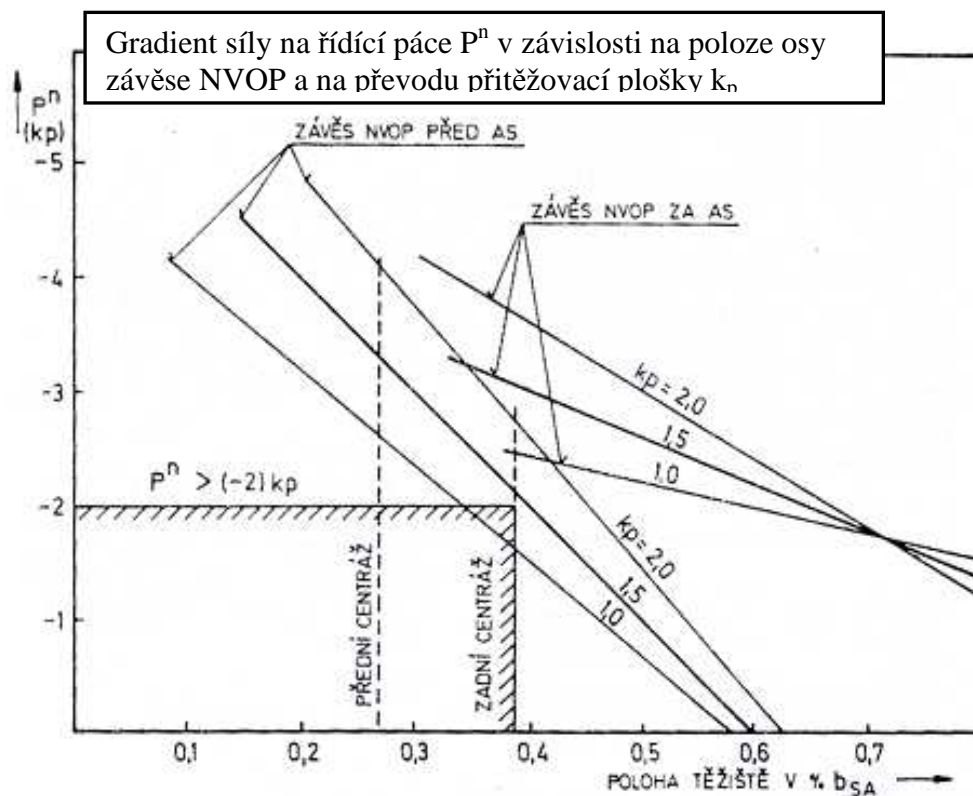
Autor zdroje [7], článek číslo 22 popisuje dvě konstrukční řešení zavěšení NVOP.

- 1.) „NVOP otočně zavěšené v působišti vztlaku (v aerodynamickém středu). U těchto ploch je stabilizující moment tzv. volné NVOP zajištěn pružinami v systému řízení.
- 2.) NVOP s přitěžovací-vyvažovací ploškou. Z hlediska aerodynamického je to příklad nejobecnější. Vhodnou volbou polohy osy otáčení (závěsu) NVOP, rozměru a převodu přitěžovací plošky lze dosáhnout stejné hodnoty aerodynamických derivací, jako u VOP s výškovým kormidlem. Přitěžovací ploška je tedy jedním z prostředků k docílení stabilizujícího účinku NVOP u větroně s volným řízením (tj. bez držení

řídící páky). Chceme dosáhnout předepsaných velikostí sil v řízení a jejich správného gradientu pro předpokládaný rozsah centrází větroně. Zjednodušeně jsou tyto požadavky vyjádřeny tzv. silou na 10%, která musí být větší než 0,9810 N (0,1 kp). Toto se značí $P_H^{10\%}$, což je síla potřebná k udržení rychlosti ustáleného přímočarého letu, která je o 10% větší než je rychlost odpovídající vyváženému větroni. Dále tzv. silou na násobek $P^n > -19,613 \text{ N}$ (-2 kp), což je řídící síla potřebná ke zvýšení letového násobku o hodnotu $\Delta n=1$. Musí být větší jak -19,613 N – pilot přitahuje řídící páku. Jak se mění gradient síly $P_H^{10\%}$ a P^n na řídící páce v závislosti na poloze osy závěsu NVOP a na převodu přitěžovací plošky k_p je znázorněno na obrázcích obr. 2.3-8 a 2.3-9.“



obr. 2.3-8[7], článek 22



obr. 2.3-9[7], článek 22

Na obr. 2.3-10 je znázorněno řešení závěsů na větroni L-33 Sóló. Toto řešení umožňuje jednoduchou montáž a demontáž VOP. Montáž nebo demontáž zvládne jeden člověk i v terénu. Spojení je zajištěno speciálním čepem. Zajištění se provede pootočením čepu 1 (obr. 2.3-10 a 2.3-11) do správné polohy za pomoci speciálního klíče. Nevýhodou je potřeba speciálního klíče, bez kterého není možné provést zajištění. Zadní závěs 2 plní jak funkci závěsu, tak funkci ovládání výškového kormidla.



obr. 2.3-10

VOP se montuje na kýl nasazením spojky obou polovin kormidla 5 (obr. 2.3-13) na čep 4 (obr. 2.3-12). Následně se nasadí hlavní závěs do správné polohy, provleče se čepem 1 (obr. 2.3-10) oky 6 (obr. 2.3-13) a zajistí se pootočením. Tímto je zajištěno odebrání všech stupňů volnosti stabilizátoru vůči kýlu. Kormidlo je ovládáno pomocí čepu 4 zasazeném ve spojce polovin kormidla 5 (obr. 2.3-13). Závěs 2 (obr. 2.3-10) zajišťuje jak funkci závěsu, tak funkci ovládání, kdy pohyb řízení je převeden na kormidlo přes páku 3 pomocí čepu 4 (obr.

2.3-12). Znemožňuje pohyb stabilizátoru nahoru nebo v ose trupu tím, že osa otáčení kormidla je souosá s osou otáčení páky 4 (obr. 2.3-12).

Závěsy jsou přinýtovány ke konstrukci kýlu i stabilizátoru.



obr. 2.3-11



obr. 2.3-12



obr. 2.3-13

Tento odstavec byl zpracován z informací poskytnutých Ing. Špačkem [54]. Následující řešení závěsu je použito na letounu SD-1 Minisport. Fotografie letounu je v oddílu B) uvedena v příloze 1. Na rozdíl od větroně L-33 je tento letoun vybaven nedělenou VOP s přetěžovací

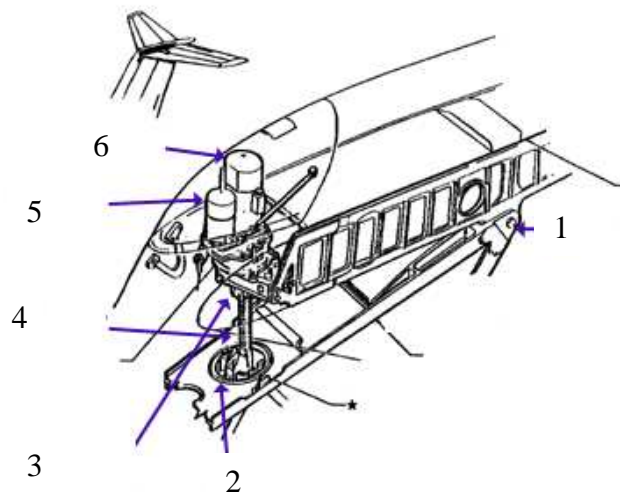
ploškou. Proto je nutné, aby zavěšení nechalo jeden stupeň volnosti volný, to umožní ovládání VOP. L-33 má stabilizátor pevně uchycen a ovládané kormidlo.



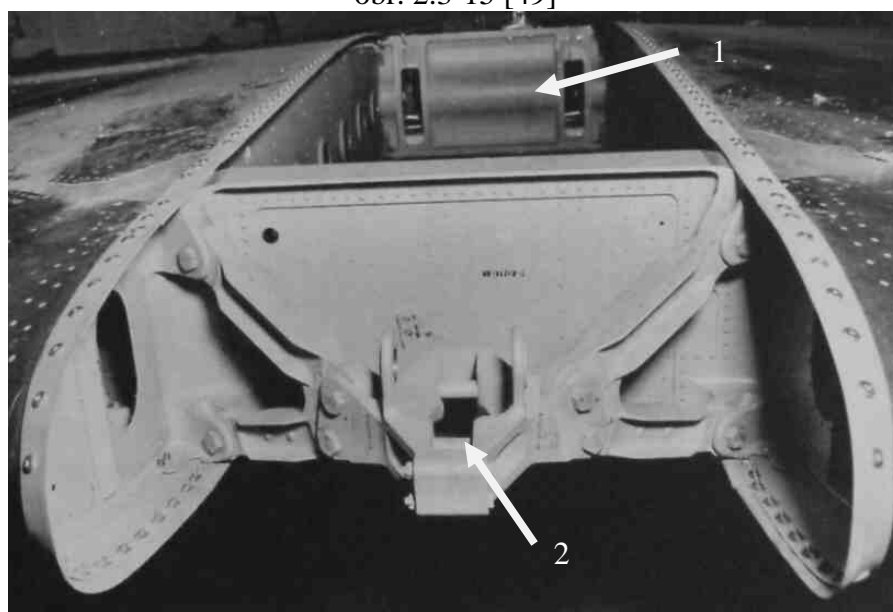
obr. 2.3-14 [54]

Závěs na kýlu je upevněn pomocí kompozitu z uhlíkových vláken a pryskyřice obr. 2.3-14. U tohoto letounu je výhodné toto řešení z důvodu dřevěné konstrukce, do které by se obtížně závěs nýtoval. Bylo by možné závěs přišroubovat. Takovéto řešení by bylo oproti použitému rozhodně těžší, což je obzvlášť v ocasní části letounu nežádoucí. Celý závěs je tvořen průchozí trubičkou přilepenou k nosníku kýlu. K zajištění postačuje buď speciální šroub a matka nebo čep.

Na obr. 2.3-15 je uvedeno konstrukční řešení pohyblivého stabilizátoru letounu McDonnell Douglas MD-83. Stabilizátor je zavěšen na čepu 1, kolem kterého se zároveň může otáčet. Tyto čepy jsou dva, každý je umístěn na jednom boku kýlu. Číslo 5 a 6 jsou motory ovládání pohybu stabilizátoru. Motory zajišťují rotační pohyb šroubu 4 a jsou spojeny se stabilizátorem. Otáčející se šroub je zašroubován v matici 2. Matice je kyvně uložena v konstrukci kýlu. Tím je doplněn třetí závěs, který je nutný pro zajištění stabilizátoru v požadované poloze.



obr. 2.3-15 [49]



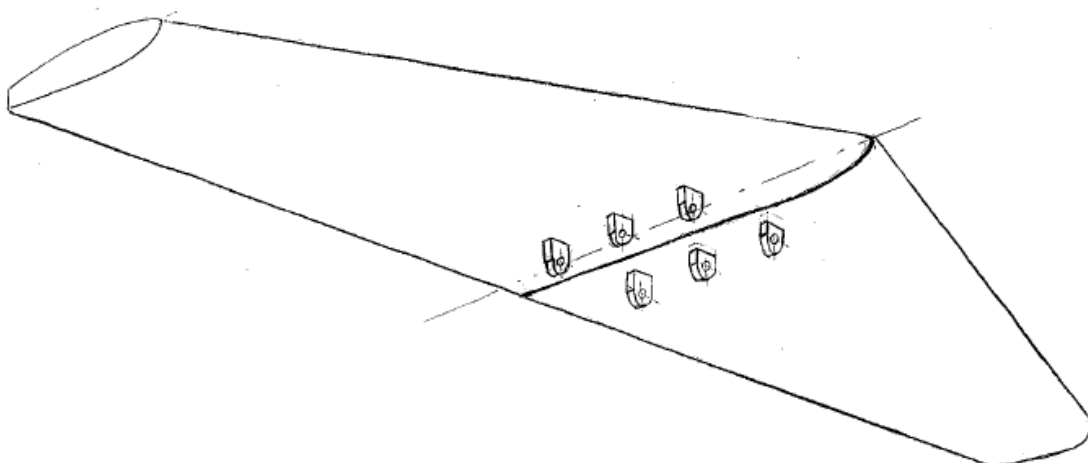
obr. 2.3-16 [57]

Na fotografii obr. 2.3-16 je zachycen detail předního závěsu letounu Boeing 727. Tento letoun má stabilizátor ovládan stejným principem jako McDonnell Douglas MD-83 na obr. obr. 2.3-15. Na tomto obrázku, pozice 2, je dobře patrné, kudy prochází pohybový šroub, jakým způsobem je přichycena objímka upevňující hydromotor ke stabilizátoru. Na pozici 1 je vidět zadní závěs umožňující kyvný pohyb stabilizátoru.

V tomto odstavci jsou použity informace vyčtené z výkresové dokumentace, která byla poskytnuta firmou LET Aircraft Industries. Fotografie celého letounu L-610 je uvedena v příloze 1 B).

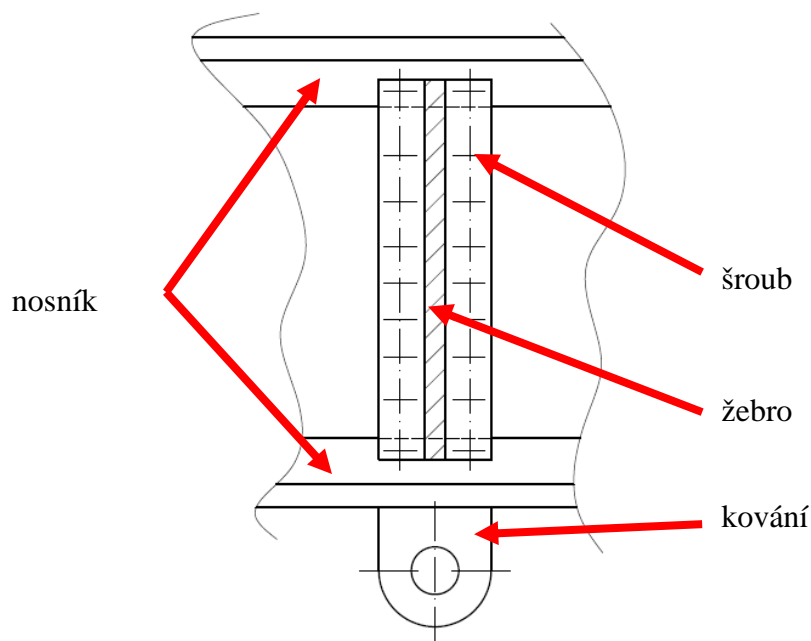


obr. 2.3-9-17 [58]



obr. 2.3-18

Na náčrtu obr. 2.3-18 jsou znázorněny závěsy VOP letounu L-610. Stabilizátor je nedělený. Na tomto letounu je použito staticky neurčitého zavěšení stabilizátoru na horní straně křídla. Na letounu L-610 je použito 6 ok závěsů, každé oko je přišroubováno k nosníku stabilizátoru šrouby. Náčrt kování je na obr. 2.3-19.



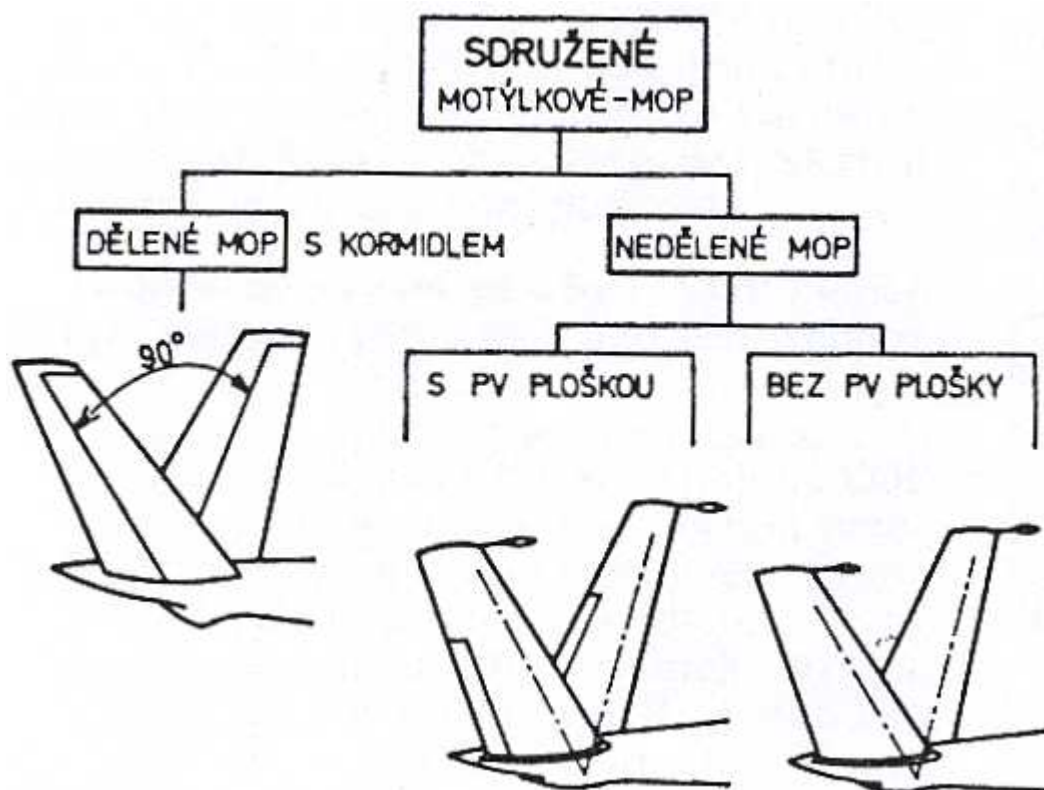
obr. 2.3-19

Autor [12] na straně 5 o tomto uložení uvádí výhody a nevýhody takového řešení. „Staticky neurčité spojení umožňuje při větším počtu nosníků lepší využití všech nosných elementů, zejména v nejbližším okolí spojení. Konstrukce závěsů je pak u těžkých a rychlých letounů snazší než u staticky určitého spojení, poněvadž působící síly na momenty jsou rozděleny na více závěsů. Výhodou tohoto spojení je také zvýšení bezpečnosti letounu při poruše některého ze závěsů. I při vyřazení některého kování může mít spojení schopnost i dále držet v rovnováze provozní zatížení spojovaných částí, takže letoun může doletět na letiště s určitou sníženou, ale přijatelnou bezpečností.

Značnou nevýhodou staticky neurčitého spojení je, že ze statických podmínek rovnováhy není možno určit složky sil v závěsech. K jejich určení je třeba dalších přetvárných podmínek. Ovšem přesné vyhodnocení přetvárných podmínek rovnicemi u tenkostěnných leteckých konstrukcí je mimořádně obtížné a výsledky jsou málo spolehlivé. Proto se v praxi obvykle užívá přibližné vyjádření přetvárných podmínek, jež vede k rozdělení sil a momentů podle tuhosti spojovaných dílců konstrukce. Nejistoty v přibližném výpočtu sil se pak kryjí přiměřenou rezervou v dimenzích spojovacích prvků. Další nevýhodou tohoto způsobu spojení jsou potíže výrobní a se zajištěním montáže a vyměnitelnosti nutné dodržovat velmi úzké tolerance, což se neobejde bez přesných tuhých přípravků a přesných měrek.“

2.4 Uspořádání typu V

2.4.1 Rozdělení konstrukčních řešení



obr. 2.4-1[7], článek 20

2.4.2 Výhody / nevýhody

Zdroj [aerodyn. větroně] na straně 209 ... „tyto plochy jako vodorovné ocasní plochy se značným úhlem vzepětím. Jsou bez svislé ocasní plochy. Kormidla motýlkovitých ploch (dále jen MOP) jsou ovládána jednak ruční řídicí pákou jednak pedály nožního řízení.

Větroň s MOP bude mít naprosto stejné schopnosti jako větroň s ocasními plochami normálními. Autor uvádí, že není důvod, proč by tomu mělo být jinak. Nejsou správné dohady, že větroň s MOP nemůže například dělat vývrtku.

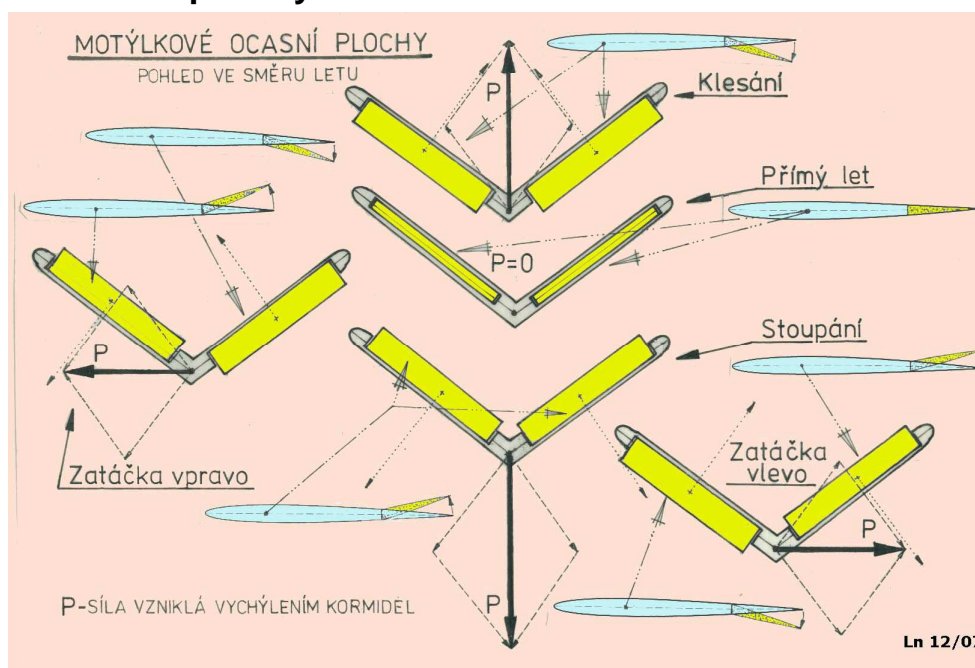
Další výhody: - menší odpor

- větší vzdálenost od země oproti uspořádání VOP na trupu
- nepatrně menší hmotnost

Nevýhody:

- menší účinnost kormidel ve směru podélném i stranovém
- velmi nízká účinnost směrová při větším úhlu náběhu křídla a větší souměrné výchylce obou kormidel na přitažení
- větší zatížení trupu“

2.4.3 Způsoby ovládání



obr. 2.4-2[15]

Tato kapitola je zpracována podle [aerodyn. větroně] na straně 209. Pro lepší ilustraci je uveden obr. 2.4-2. „Při výchylce ruční řídicí páky ze střední polohy dozadu nebo dopředu se vychylují obě poloviny kormidla souhlasně nahoru nebo dolů. Při souhlasné výchylce obou kormidel působí vztlak MOP na změnu podélné rovnováhy.

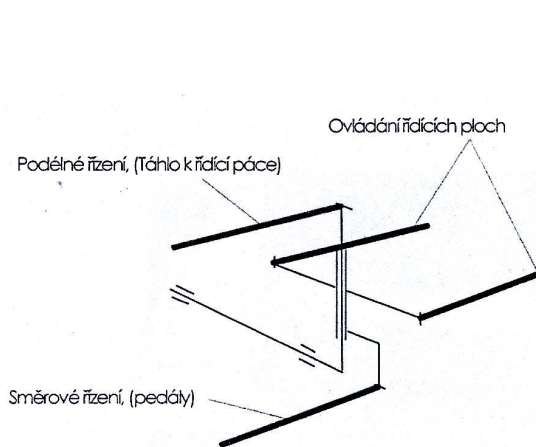
Vztlaková síla působící na každé straně ocasní plochy kolmo na plochu, se rozkládá do složky svislé a vodorovné. Při souhlasné výchylce pravé a levé poloviny kormidla se svislé složky vztlakové síly sečítají a společně přispívají k podélné rovnováze větroně. Vodorovné složky vztlakové síly působí proti sobě a vzájemně se ruší. Tak koná MOP funkci podélného řízení.

Při vyšlápnutí pedálů vzniká opačná výchylka pravé a levé poloviny kormidla. O kolik stupňů se vychýlí levé kormidlo dolů (při vyšlápnutí levého pedálu), o tolik stupňů se vychýlí pravé kormidlo nahoru. Na pravé polovině působí vztlak dolů, na levé polovině plochy nahoru. Rozložíme-li výslednici vztlakové síly do směru osy kolmé a boční, vidíme, že při stejné výchylce obou kormidel (dolů na levé, nahoru na pravé polovině MOP) se vzájemně ruší složky vztlakové síly působící na změnu podélné rovnováhy a zůstávají jen složky ve směru osy boční, které se ve svém účinku sečítají.

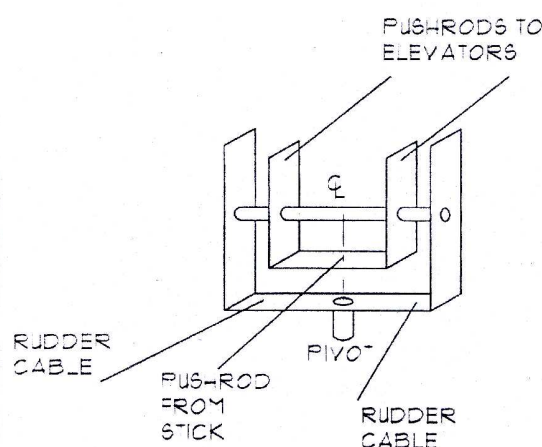
Výsledným účinkem nesouměrných výchylek je stranová síla plochy působící změnu stranové rovnováhy větroně tak jako normální SOP se směrovým kormidlem.

Při současném vychýlení podélného i směrového řízení, což je nejobecnějším případem, vzniká nesouměrné zatížení obou ploch. Při velkých výchylkách kormidel, které mohou nastat při kroužení větroně na malém poloměru, mají tyto ocasní plochy o něco horší vztlakový účinek a způsobují trochu odlišné chování větroně než ocasní plochy normální (uspořádání do kříže).“

Pro řízení těchto ploch je nutné použít tzv. mixer. Je to zařízení umožňující vykonávat pohyby kormidel nutné pro řízení letu, tak jak bylo výše popsáno. Jeho konstrukce musí být taková, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování pohybů. Pro ilustraci jak takového zařízení vypadá, uvádím dva obrázky obr. 2.4-3 a 2.4-4



obr. 2.4-3[9]

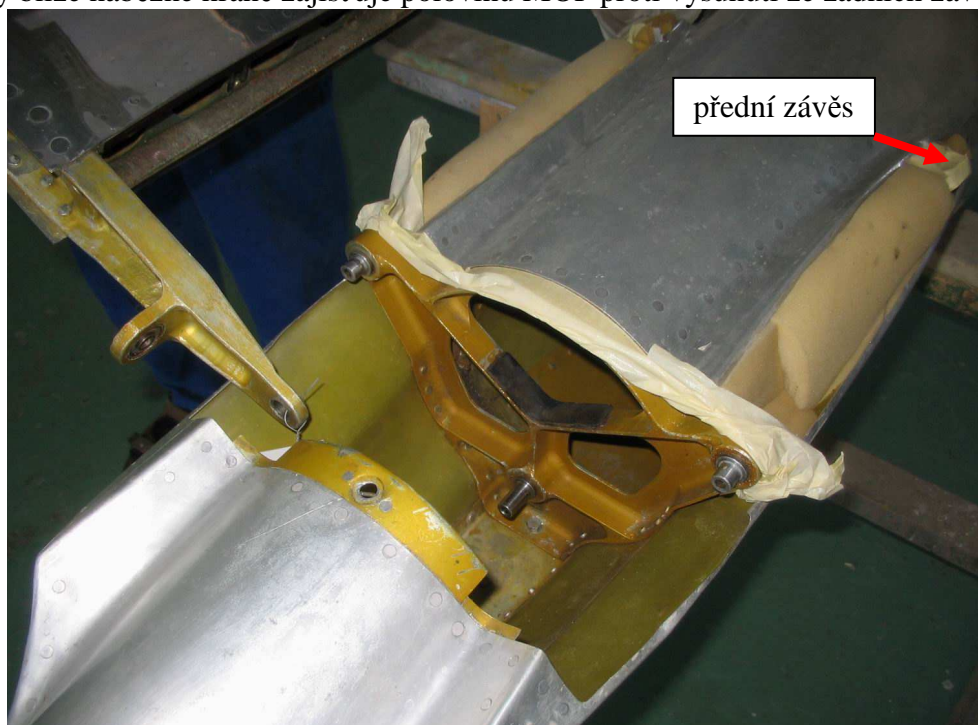


obr. 2.4-4[9]

2.4.4 Varianty řešení závěsů

Na následujících obrázcích je vidět konstrukční řešení zavěšení stabilizátoru větroňe Antonov A-15. Fotografie zde uvedené poskytl ing. Tomáš Urík, vedoucí této práce.

Tento větroň je celokovové konstrukce. Má dělené motýlkové ocasní plochy s kormidlem. Každá z polovin MOP je zavěšena na dvou čepích, které jsou pevnou součástí trupové přepážky a jednom čepu odnímacím. Na trupové přepážce jsou tři čepy obr. 2.4-5. Každá polovina MOP má jeden čep samostatný a jeden společný pro obě poloviny. Odnímací čep umístěný blíže náběžné hraně zajišťuje polovinu MOP proti vysunutí ze zadních závěsů.



obr. 2.4-5

Jedná se tedy o staticky určité zavěšení MOP. Každé polovině MOP jsou tedy odebrány všechny stupně volnosti.

Toto konstrukční řešení umožňuje poměrně snadnou demontáž, což je výhodné především u větroňů. Tyto většinou bývají často transportovány. Transport se velmi často realizuje pomocí

speciálního přívěsu za osobní automobil. Z důvodů skladnosti je tedy dobré, aby letoun zabíral po demontáži co nejmenší prostor. Přívěs za automobilem nesmí být příliš rozměrný z důvodů přejezdů po silnicích za běžného provozu.

Montáž probíhá tak, že se nasune na dva čepy jedna polovina MOP a zajistí se v předním závěsu čepem (myšlen závěs blíže náběžné hraně MOP). Poté se opět stejným postupem namontuje i druhá polovina MOP a opět zajistí. Fotografie obr. 2.4-6 zachycuje kování zadního závěsu MOP, které je součástí nosníku stabilizátoru a u náběžné hrany MOP je vidět oko kování předního. Dále je nutno zakrytovat montážní otvor v zadní části trupu, který umožňuje snadné nasazení zadních závěsů (myšleno blíže k odtokové hraně MOP).



obr. 2.4-6

Na fotografii obr. 2.4-8 je vidět nerozebíratelné zavěšení MOP. Dva nosníky stabilizátoru MOP jsou tvořeny každý z jednoho dílu kompozitu. Kompozitní díl je vlepen do trupu. Tvoří zároveň trupovou přepážku a nosník MOP. Výhodou je jednoduché zastavění do trupu. Stačí pouze správně ustavit přepážky a vhodným způsobem přilepit tento díl. Ovšem MOP nelze demontovat. V případě poškození nosníku nebo jiné části MOP je obtížná možnost opravy, nelze vyměnit poškozenou polovinu MOP za druhou. Nelze pro případnou opravu plochu jednoduše odmontovat a zvláště ji opravit. Nerozebíratelnost konstrukce je nevýhodná i při přepravě.



obr. 2.4-8[50]

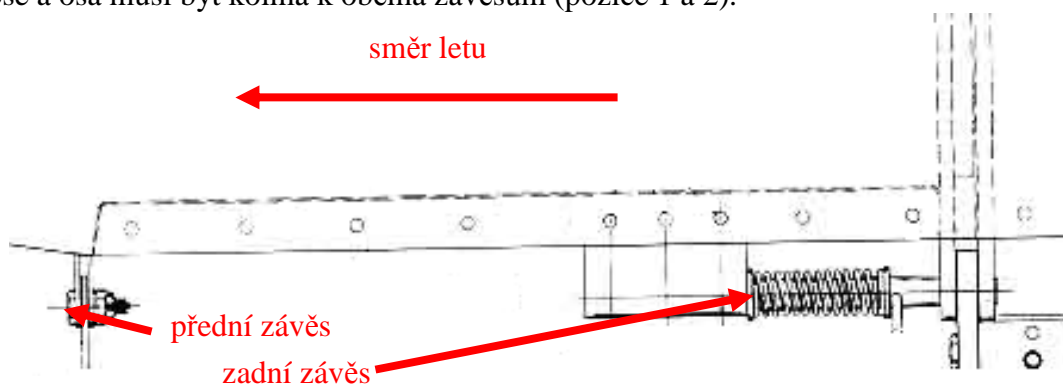
Následující konstrukční varianta představuje konstrukční řešení dělených MOP s kormidlem. Jedná se o konstrukční řešení na větroni RS-15. Stabilizátor je zavěšen na třech bodech, takže se jedná o staticky určité zavěšení.



obr. 2.4-9[59]

Stabilizátor nelze jednoduše bez použití nářadí demontovat. Je zajištěn v závěsovém kování na trupu dvěma šrouby, které umožňují sklopení polovin MOP k sobě. Zajištění proti tomuto sklopení za letu je zajištěno čepem na pružince, který zároveň tvoří třetí bod zavěšení. Manipulace s tímto čepem je velmi jednoduchá, pružina zajišťuje za letu čep ve správné pozici, tak aby nemohlo dojít k samovolnému sklopení polovin MOP k sobě. Sklápění se využívá pouze při transportu. Obě poloviny MOP se sklopí k sobě a zajistí. K zajištění při přepravě slouží přípravek zachycený na obr. 2.4-12 pozice 4. Tímto přípravkem se zajistí každá polovina MOP při přepravě před nechtěným sklopením v přepravním vozíku. Zajištění je provedeno tak, že se přípravek opře o hranu trupu. Na fotografii obr. 2.4-9 je zachycena sklopená polovina MOP před přepravou.

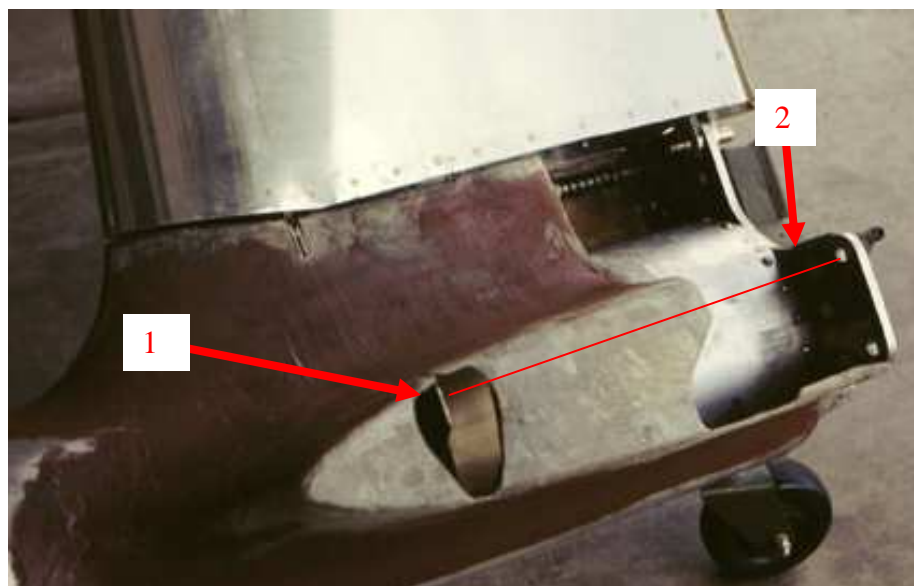
Na obr. 2.4-11 je dobře patrné, jakým způsobem je řešeno zavěšení. Pozice 1 označuje závěs blíže náběžné hraně MOP. V tomto bodě je zavěšení pojištěno šroubem, což je dobře patrné z náčrtu obr. 2.4-10. Pozice 2 na obr. 2.4-11 znázorňuje zadní závěs. V horní díře je spojení zajištěno šroubem, ve spodní je zajištění provedeno čepem s pružinou. Na obr. 2.4-11 je červenou čarou spojující díru v pozici 1 s horní dírou v pozici 2 znázorněna osa, kolem které se otáčí polovina MOP. Horní díra v pozici 2 a díra v pozici 1 musí být pro snadné otáčení sousedé a osa musí být kolmá k oběma závěsům (pozice 1 a 2).



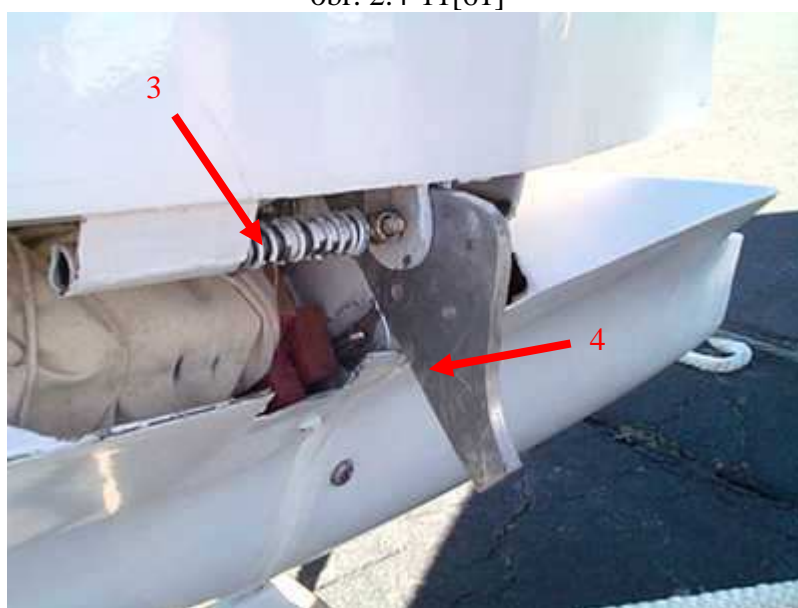
obr. 2.4-10[60]

Dále je z obr. 2.4-12 dobře patrná funkce zajišťovacího čepu s pružinou (pozice 3). Tento čep je pevnou součástí stabilizátoru. Uložení čepu nemusí být příliš pevné, zajišťuje pouze stálou polohu čepu, zamezuje jeho ztracení a dále umožňuje jednoduché zajišťování čepu v oku kování. O toto zavěšení se opírá pružinka, která je opřena o kolík. Tento kolík je součástí zajišťovacího čepu, pomáhá snadné manipulaci při zajištění.

Sklopení MOP do polohy pro přepravu nebo pro let zvládne bez potíží jeden člověk.



obr. 2.4-11[61]



obr. 2.4-12[62]

3. Závěr

V úvodu této práce jsem se snažil velmi stručně objasnit pojmy, o kterých bude dále psáno. Domníval jsem se, že jsou důležité pro správné porozumění. Dále jsem se pokusil vytvořit přehled možných konfigurací ocasních ploch. Tento přehled jsem podpořil přiložením fotografií letounů na nichž byly tyto konfigurace využity. V této práci se však nemohu detailně věnovat všem. Proto jsem se snažil zaměřit na čtyři vybrané konfigurace, které se vyskytují na letounech nejčastěji. Ke každé vybrané konfiguraci jsem se pokusil vytvořit detailnější přehled možných konstrukčních řešení jejich uspořádání. Dále shrnout jejich výhody a nevýhody. Stručně uvést různé možnosti ovládání výškových kormidel. Podrobně jsem se snažil vytvořit přehled různých typů závěsů vodorovných ocasních ploch a tyto závěsy popsat.

Bakalářská práce tvoří přehled možností zavěšení vodorovných ocasních ploch. Pro tento účel jsem nastudoval velké množství odborných pramenů, které se zabývají touto problematikou. Pokusil jsem se vybrat typické příklady nebo řešení nějak zajímavá.

4. Použité prameny

- [1] POPELA, Robert. *Aerodynamika* [online]. [2002] [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://lu.fme.vutbr.cz/ucebnice/opory/aerodynamics.php>>.
- [2] CHUN-YUNG NIU , Michael. *Airframe Structural Design*. Hong Kong : Conmilit Press Ltd., [199-?]. 611 s. ISBN 9627128090.
- [3] RAYNER, Daniel P. . *Simplified Aircraft Design for Homebuilders*. [s.l.] : Design Dimension Press, [199-?]. 160 s. ISBN 0972239707.
- [4] THOMAS, Fred. *Fundamentals of Sailplane Design : Grundlagen für den Entwurf von Segelflugzeugen*. Judah Milgram. USA : College Park Press, 1989. 274 s. ISBN 0966955307 .
- [5] MERTL, Vlastimil. *Konstrukce a projektování letadel* . 1. vyd. Brno : PC-DIR Real, 2000. 133 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1789-7.
- [6] TůMA, Jiří. *LETADLA : Pro učební a studijní obory na SOU*. 1. vyd. [s.l.] : SNTL, 1981. 120 s. ISBN 04-225-81.
- [7] FOREJT, Milan. Koncepce moderních větroňů. *Letectví a kosmonautika*. 1.1.1973, č. 1, s. 30.
- [8] HISCOCKS, Richard D. *Design of Light Aircraft*. [s.l.] : ATP Inc, 1995. 280 s. ISBN 0969980906.
- [9] FINDA, Jindřich. *LU 56/2006 : Primární řízení letounu VUT 001 MARABU se sdruženými ocasními plochami*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 31 s.
- [10] RAYMER, Daniel P. . *Aircraft Design : A Conceptual Approach*. [s.l.] : AIAA Series, 1992. 923 s. ISBN 1563472813.
(Moravská zemská)
- [11] SULŽENKO, M. N. *Konstrukce letadel*. Pavel Kudrický. 1. vydanie. Praha : Státní nakladatelství technické literatury , 1953. 420 s.
- [12] ZÁLEŠÁK, František . *Konstrukce a projektování letounů : Kapitola 10: Závěsy křídel a ocasních ploch*. Brno : VAAZ, 1963. 39 s.
- [13] *Aircraft Design : Synthesis and Analysis* [online]. 2006 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://adg.stanford.edu/aa241/AircraftDesign.html>>.
- [14] JENKINSON, Lloyd R., SIMPKIN, Paul, RHODES, Darren. *CIVIL JET AIRCRAFT DESIGN*. Great Britain : Arnold, 1999. 413 s. ISBN 0 340 74152X.

- [15] JANOVEC, Jan, LNĚNIČKA, Jaroslav. *FLYING and AVIATION : e-magazín Akademie letectví* [online]. 2008 , 1.4.2009 [cit. 2009-04-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.airspace.cz/akademie/>>.
- [16] NEWELL , Jay. *Silent Knights Glider Club* [online]. 2008 , 11/15/08 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.knightglider.com>>.
- [17] PILÁT, Radek, et al. *Vztlak : Český letecký servr* [online]. 25.09.1999. 1998 , 20.10.1999 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW:<www.vztlak.cz/il1/obrazek/z50v01.jpg>.
- [18] ŠTUKSA, Daniel. [Marecek.cz](http://www.marecek.cz) [online]. 25. 01. 2006 . 2006 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.marecek.cz/image/XL610_soubory/image023.jpg>.
- [19] ŠPAČEK, Igor. *Konstrukční kancelář* [online]. 2007 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.i-spacek.com/sd1.htm>>.
- [21] EastWest Aviation. *EASTWEST AVIATION* [online]. 1995 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.eastwestworld.co.uk/eastwestaviation/Images%20and%20Sounds/L-410/L-410UVP.jpg>>.
- [22] VRBSKÝ, Tomáš. *TOM air* [online]. [2003] [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.tomair.cz/letkov1111/index.htm>>.
- [23] *Flug revue* [online]. 1996 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.flug-revue.rotor.com/FRtypen/Fotos/eclipse/ecj/ECJFlu.jpg>>.
- [24] *The aviation forum : czech gliders* [online]. 2006 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://img520.imageshack.us/img520/2222/vsb66orlicerb3.jpg>>.
- [25] *Sailplane Directory* [online]. [1998] [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.sailplanedirectory.com/images/eaglet.jpg>>.
- [26] *VIRTUAL ULTRALIGHT MUSEUM : Step Into The Past* [online]. [2009] , 04/07/09 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <http://virtualultralightmuseum.com/web_images/glazair.jpg>.
- [27] MORLOC. *Le Bugatti 100* [online]. 1999 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://pagesperso-orange.fr/morlock68/21/bh-04-ic.jpg>>.
- [28] JOHNSON, Dan. *Luft \46* [online]. 1997 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.luft46.com/mmart/mmwesp7.jpg>>.
- [29] JOHNSON, Dan. *Luft \46* [online]. 1997 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.luft46.com/images/do335-1.jpg>>.

-
- [30] JOHNSON, Dan. *Luft \46* [online]. 1997 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.luft46.com/fw/3bf0310.jpg>>.
- [31] *TexasBestGrok* [online]. 2007 [cit. 2008-04-27]. Dostupný z WWW: <http://texasbestgrok.mu.nu/images/xfv-1_300.jpg>.
- [32] JOHNSON, Dan. *Luft \46* [online]. 1997 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.luft46.com/missile/x4-10.jpg>>.
- [33] AKEN, Scott Van. *MODELINGMADNESS.COM* [online]. 1995 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://modelingmadness.com/scotts/korean/f85m.jpg>>.
- [34] *Havacılık ve Teknoloji Blogu* [online]. [2009] [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <http://www.gedop.org/blog/wp-content/uploads/2008/08/en_kucuk_savas_ucagi_03.jpg>.
- [35] *AEROFILES* [online]. 2009 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.aerofiles.com/miller-jm2.jpg>>.
- [36] *JANE'S ALL THE WORLD'S AIRCRAFT 1984-85*. [s.l.] : [s.n.], 1984. 937 s. ISBN 451-110-068.
- [37] *Airplane pictures* [online]. 2008-6-8. Milan Kučera, 2006 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.airplane-pictures.net/image16846.html>>.
- [38] FURDA, Matej. *Hitechweb* [online]. 2007 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://www.hitechweb.genezis.eu/giganti_soubory/An-225-1.jpg>.
- [39] *World Wide Wings* [online]. [1999] [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://aviaweb.iframe.com/civils/lockheed/l-1049g_08.jpg>.
- [40] HARDY. *The South African Military History Society* [online]. [1997] [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://samilitaryhistory.org/vo051rhf.jpg>>.
- [41] *The flying kiwi : Chino Airshow 2004* [online]. 2008 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.richard-seaman.com/Aircraft/AirShows/Chino2004/Sampler/P38.jpg>>.
- [42] *LETECTVÍ.WZ.CZ : Focke Wulf Fw 189* [online]. 2002 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://letectvi.wz.cz/nemecko/fw189/fw189_1.jpg>.
- [43] SOUKUP , Pavel. *LETECTVÍ.WZ.CZ* [online]. 2002 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://letectvi.wz.cz/ceskoslo/raven/raven_1.jpg>.
- [44] OLSCHESKI . *Atmosphärenphysik in Wuppertal : CRISTA-NF - ein heliumgekühltes Infrarot-Teleskop für die Atmosphäre* [online]. 2008 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.atmos.physik.uni-wuppertal.de/img/Geophysica02-m.jpg>>.
-

- [45] Aero-News Network, Inc. . *Aero-news.net : The aero-news network* [online]. 1999 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<https://www.aero-news.net/FullsizeImage.cfm?ID=ceba6957-de93-4f99-bf93-7b8072eab4e1>>.
- [46] *INTAERO* [online]. [2002] [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.intaero.com/images/Aerosonde.gif>>.
- [47] *Aerospaceweb.org* [online]. 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.aerospaceweb.org/aircraft/fighter/mig29/mig29_12.jpg>.
- [48] Tangient LLC.. *The F.14s* [online]. 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<https://trcs.wikispaces.com/file/view/GreyF14FastPass10oClock.jpg>>.
- [49] IASA. *The International Aviation Safety Association* [online]. 2002 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <http://www.iasa.com.au/folders/Safety_Issues/FAA_Inaction/AK261failsafer-2_files/8e5c462d.jpg>.
- [50] VANDERVEEN, Scott. *PRO-COMPOSITES, Inc.* [online]. [2007] [cit. 2008-04-27]. Dostupný z WWW: <[http://www.pro-composites.com/Cruiser/Vtail%20\(Small\).JPG](http://www.pro-composites.com/Cruiser/Vtail%20(Small).JPG)>.
- [51] Zenith Aircraft Company. *ZODIAC* [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.zenithair.com/zodiac/ch650/index.html>>.
- [52] LANGFORD, Mark. *Mark Langford's Homebuilt Airplane and Online Builder's Manual* [online]. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://home.hiwaay.net/~langford/kcontrol.html>>.
- [53] COCKETT, Vince. *Scale Soaring UK* [online]. [2008] [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.scalesoaring.co.uk/MOTOR_GLIDERS/Docs_MotorGliders/MotorGliders/T-61/Pictures/Drawings/17-4.gif>.
- [54] ŠPAČEK, Igor. *Konstrukční kancelář* [online]. 2007 Dostupný z WWW: <<http://www.i-spacek.com>>.
- [55] *Technet cz : Nenamazaný šroub odsoudil letadlo k pádu do oceánu* [online]. 2008 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <http://technet.idnes.cz/nenamazany-sroub-odsoudil-letadlo-k-padu-do-oceanu-fwj-/foto.asp?foto1=PKA20dded_ct_katastrofy11_026.jpg>.
- [56] *Technet cz : Nenamazaný šroub odsoudil letadlo k pádu do oceánu* [online]. 2008 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <http://technet.idnes.cz/nenamazany-sroub-odsoudil-letadlo-k-padu-do-oceanu-fwj-/foto.asp?foto1=PKA20ddf0_ct_katastrofy11_050.jpg>.
- [57] BOGASH, Robert. *A Potpourri of Rail, Aviation, and other intriguing whatevers.....* [online]. 1997 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.rbogash.com/727stab.JPG>>.

- [58] ORLIT, Albert, ORLIT, Michal. *L410.cz* [online]. 2009 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <http://www.l410.cz/wp/wp-content/gallery/ptak/ptak_009.jpg>.
- [59] *Soar Idaho* [online]. [2007] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.soaridaho.com/Schreder/Construction/V-tail_fold_options/N599AS_Plate_4.jpg>.
- [60] *Soar Idaho* [online]. [2007] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.soaridaho.com/Schreder/Schreder/Soaring_Aug_1976_Page_30.jpg>.
- [61] *Soar Idaho* [online]. [2007] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.soaridaho.com/Schreder/Construction/V-tail_fold_options/EE_tail_fairing_work.jpg>.
- [62] *Soar Idaho* [online]. [2007] [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.soaridaho.com/Schreder/Construction/V-tail_fold_options/N599AS_Plate_3.jpg>.

5. Seznam použitých zkratk

VOP – vodorovné ocasní plochy
SOP – svislé ocasní plochy
NVOP – nedělené vodorovné ocasní plochy
MOP – motýlkové ocasní plochy
OP – ocasní plochy
AS – aerodynamický střed

6. Seznam příloh

Příloha 1 – Příklady využití různých typů oc. ploch na letounech znázorněných v kapitole 2.1

Příloha 1 – Příklady využití různých typů oc. ploch na letounech znázorněných v kapitole 2.1

Zde jsou uvedeny příklady letounů, na nichž byly využity konfigurace znázorněné v kapitole 2.1 obr. 2.1-1

A)



Blaník L-13[16]



Zlín Z-50[17]

B)



L-610M [18]



SD-1 Minisport [19]

C)



L-410UVP [21]



ASW 15B [22]

D)

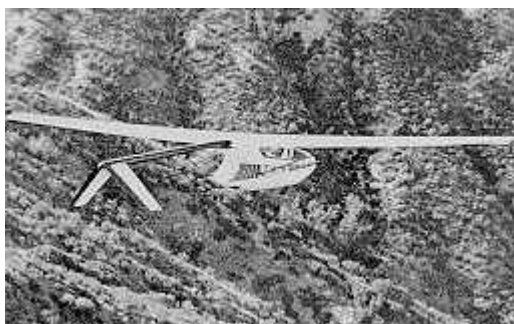


Eclipse Aviation ECJ [23]



VSB 66-S [24]

E)



AM Eagle American Eaglet [25]

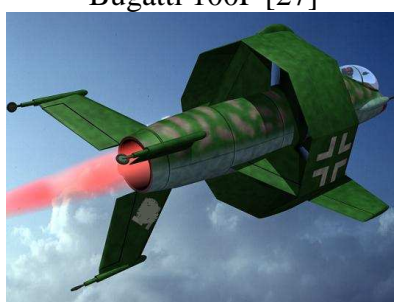


Lazair IV [26]

F)



Bugatti 100P [27]

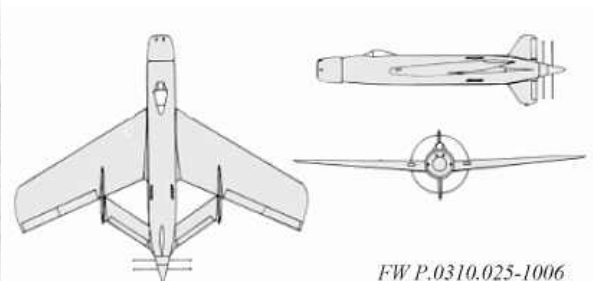


Heinkel Wespe [28]

G)



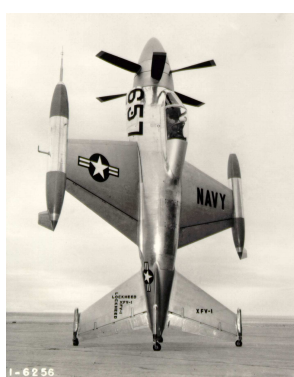
Dornier Do 335A-07 [29]



FW P.0310.025-1006

FW P.0310.025-1006 [30]

H)



Lockheed XFV-1 [31]

I)



McDonnell XF-85 Goblin [33]

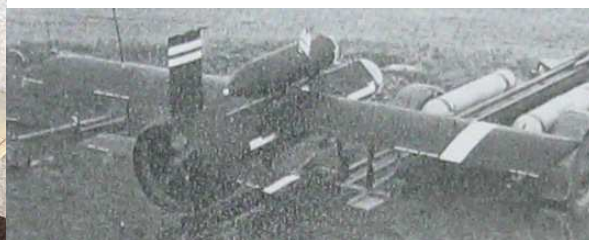


[34]

J)



Miller JM-2 [35]



GEC Avionics Machan experimental RVP [36]

K)



L 200 Morava [37]



An 225 Мрия [38]

L)



Lockheed L-1049 Super Constellation [39]



Avro Manchester [40]

M)



Lockheed P-38 Lightning [41]



Focke-Wulf Fw 189 A-1 [42]

N)



Raven 257 [43]



Geophysica M55 [44]

O)



Advanced Aero Vortex [45]



Aerosonde [46]

P)



Mig 29 [47]



F 14 [48]